

# Auswirkungen der Internalisierung externer Kosten des Konsums

Eine empirische Analyse der sozialen Verteilungswirkungen

**DISSERTATION**

zur Erlangung des akademischen Grades eines  
DOKTORS DER WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN (DR. RER. POL.)

an der  
FAKULTÄT FÜR WIRTSCHAFTS-UND SOZIALWISSENSCHAFTEN DER  
RUPRECHT-KARLS-UNIVERSITÄT HEIDELBERG

vorgelegt von  
Diplom-Volkswirt  
BENJAMIN HELD

Heidelberg, September 2017



## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Promotionsschrift unterstützt haben.

Ein ganz besonders großer Dank gilt dabei meinen Doktorvater Herrn Prof. Dr. Hans Diefenbacher für die Betreuung der Arbeit, die ich immer als äußerst hilfreich und konstruktiv empfunden habe und die für deren Entwicklung und Fokussierung entscheidende Impulse lieferte. Ebenfalls herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Andreas Löschel für die Übernahme und Erstellung des Zweitgutachtens.

Außerdem möchte ich mich ausdrücklich bei all denen bedanken, die mir bei meinen Datenrecherchen weitergeholfen haben. Dies umfasst zahlreiche Personen verschiedenster Institutionen. Teilweise werden die Ansprechpartner in der Arbeit namentlich erwähnt, aber auch allen anderen möchte ich hiermit einen herzlichen Dank aussprechen.

Abschließend möchte ich mich bei dem Menschen bedanken, der meine wichtigste Hilfe und Stütze bei der Erstellung dieser Arbeit, aber vor allem auch über diese hinaus, war und ist: meine Frau Gabi. Mit enormer Geduld hast du mich in den vergangenen Jahren immer wieder bestärkt, ermutigt und unterstützt. Ohne dich wäre das nicht möglich gewesen. Danke!





## Zusammenfassung

Das heutige Produktions- und Konsumniveau führt zu einer Übernutzung der bestehenden natürlichen Ressourcen und Ökosysteme und ist mit zahlreichen negativen Auswirkungen für Mensch und Umwelt verbunden. Das gilt sowohl für die globale Perspektive als auch – in noch schärferer Form – aus nationaler Sicht für Deutschland (vgl. Steffen et al. 2015c; Global Footprint Network 2017). Eine wichtige Ursache dafür sind externe Kosten, die eine Form des Marktversagens darstellen. Eine Internalisierung der externen Kosten würde zu einer Verminderung der negativen Umweltwirkungen und einer Steigerung der gesellschaftlichen Wohlfahrt führen. Eine Umsetzung der Internalisierung wird jedoch oft mit dem Argument einer mangelnden sozialen Verträglichkeit abgelehnt. Die Überprüfung dieses Arguments stellt das zentrale erkenntnisleitende Forschungsinteresse dieser Arbeit dar. Dazu werden die sozialen Verteilungswirkungen berechnet und analysiert, die bei einer Internalisierung der externen Kosten des Konsums in Deutschland für die privaten Haushalte auftreten würden. Dabei werden die Untersuchungen sowohl aus der Bruttoperspektive, also bei alleiniger Betrachtung der finanziellen Belastungswirkungen (Forschungsfrage 1a), als auch der Nettoperspektive, also bei zusätzlicher Berücksichtigung der Verwendung der Internalisierungseinnahmen (Forschungsfrage 1b), durchgeführt.

Als Instrument der Einnahmeverwendung wird der Ökobonus – also die Rückverteilung mittels eines pauschalen Betrags – eingesetzt. Dem Ökobonus wird ein hohes Potenzial zur Schaffung der für die Umsetzung der Internalisierungsmaßnahmen benötigten gesellschaftlichen Akzeptanz attestiert, weil er zum einen eine direkte Verknüpfung von Einnahmen und Ausgaben herstellt und zum anderen – wie verschiedene Studien belegen (vgl. Smith 1993; Iten et al. 1999; Loske 2013; Ekardt 2010; Iten und Beck 2003; Iten und Beck 2003; Büchs et al. 2011; Loske 2013; Müller und Spillmann 2015) – einer regressiven Belastungswirkung effektiv entgegenwirkt.

In der vorliegenden Arbeit wurden keine eigenen Erhebungen durchgeführt, sondern allein Sekundärquellen verwendet. Die wichtigsten Datenquellen und den Ausgangspunkt der Auswertungen bilden die Scientific-Use-Files (SUF) der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) der Jahre 2008 (EVS2008; FDZ 2010) und 2013 (EVS2013; FDZ 2016). Neben der EVS sind dabei als weitere wichtige Datenquellen insbesondere das zur Verfeinerung der Ergebnisse des Mobilitätsbereichs eingesetzte Public-Use-File (PUF) der Erhebung „Mobilität in Deutschland 2008“ (MiD2008; BMVBS 2010), das für die Bestimmung der Emissionsfaktoren verwendete Globale Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS v4.94; IINAS 2015) und die zur Festlegung der Kostensätze eingesetzte Methodenkonvention 2.0 des Umweltbundesamts (MK 2.0; Schwermer et al. 2014) zu nennen.

Der Untersuchungsbereich ist auf die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität beschränkt; andere Konsumfelder konnten in Ermangelung aussagekräftiger Daten nicht berücksichtigt werden. Im Mobilitätsbereich beschränkt sich der Untersuchungsbereich ab dem Schritt der Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung außerdem auf die Verkehrsmittel des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des Flugzeugs, da beim öffentlichen Personenverkehr (ÖPV) zum einen die Datenlage problematisch war und zum anderen die Auswertungen sehr komplex und – auf Grund des relativ geringen Anteils des ÖPV an den negativen Umweltwirkungen des Mobilitätsbereichs – mit nur geringem Mehrwert verbunden gewesen wären.

Mittels einer selbstentwickelten Methodik werden die aus der EVS stammenden Ausgaben in Verbräuche, in Emissionen, in externe Kosten, in Internalisierungslücken und schließlich mittels Preiselastizitäten in finanzielle Belastungswirkungen (Forschungsfrage 1a) und Nettowirkungen des Ökobonus (Forschungsfrage 1b) umgerechnet. Dabei werden Ergebnisse für die kurze (niedrigere Preiselastizitäten) und die lange (höhere und einkommensspezifische Preiselastizitäten) Frist berechnet. Um Aussagen bezüglich der sozialen Verträglichkeit treffen zu können, werden die Haushalte auf Basis ihrer Nettoäquivalenzeinkommen in Dezile eingeteilt und für diese Dezile – sowie den Durchschnitt – die jeweiligen Werte berechnet. Darüber hinaus werden weitere statistische Auswertungen eingesetzt, beispielsweise lineare Regressionsanalysen. Da bereits die methodischen Zwischenschritte interessante Ergebnisse darstellen, werden neben der zentralen Forschungsfrage (1a/1b) vier weitere untergeordnete Forschungsfragen (2-5) aufgestellt und beantwortet. Diese befassen sich unter anderem damit, welche einkommensspezifischen Unterschiede es beim Energieverbrauch gibt (2b), wie sich die verursachten externen Kosten von 2008 bis 2013 verändert haben (3d) und welche Auswirkungen die Internalisierung auf den Treibhausgas (THG)-Ausstoß hätte (5c).

Die Auswertungen ergeben in der Bruttoperspektive (Forschungsfrage 1a) für die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und MIV regressive Belastungswirkungen, wobei beim MIV vor allem die Mittelschicht stark belastet würde. Beim Flugverkehr herrscht hingegen eine progressive Belastungswirkung vor. Aggregiert man die Belastungen über alle der vier betrachteten Bereiche (Haushaltsstrom, Wärme, MIV und Flugzeug), so zeigen sich insgesamt deutlich regressive Verteilungswirkungen: Während im ersten Dezil eine Internalisierungsbelastung in Höhe von 3,83% des Nettoeinkommens (lange Frist: 3,35%) auftreten würde, sind es im zehnten Dezil nur 2,54% (lange Frist: 2,00%).

In der Nettoperspektive (Forschungsfrage 1b) zeigen sich bei Verwendung des Ökobonus hingegen klar progressive Verteilungswirkungen. Das gilt sowohl in der aggregierten Gesamtbetrachtung als auch – in unterschiedlich starker Ausprägung – für die einzelnen Bereiche. Die Berechnungen ergeben, dass in der Gesamtbetrachtung sowohl in der kurzen als auch der langen Frist die Dezile eins bis fünf vom Ökobonus netto profitieren würden. Die Nettowirkung fällt in der kurzen Frist von maximal 4,26% des

Nettoeinkommens (lange Frist: 3,38%) im ersten Dezil streng monoton bis auf -1,09% (lange Frist: -0,79%) im zehnten Dezil. Was die Auswirkungen der Internalisierung auf die Umweltwirkungen angeht, so ergeben die Berechnungen (*ceteris paribus*) in der kurzen Frist einen Rückgang der THG-Emissionen um 15% (lange Frist: 27%).

Allerdings zeigen die tiefergehenden Analysen, dass es jenseits der Durchschnittswerte auch innerhalb der einkommensschwachen Dezile in der Nettobetrachtung Ökobonus-Verlierer – also Personen, die mehr für die Internalisierung zahlen müssten, als sie durch den Ökobonus zurückbekommen – gibt. Der Anteil steigt in der Gesamtbetrachtung (kurze Frist) zwar streng monoton über die Dezile an auf 62% im zehnten Dezil, trifft allerdings auch auf 8% des ersten Dezils (2. Dezil: 13%, 3. Dezil: 22%) zu. Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Bereichen: Während im Mobilitätsbereich mit 4% (Flugzeug) beziehungsweise 11% (MIV) nur ein relativ geringer Anteil des ersten Dezils negative Nettowirkungen des Ökobonus tragen müsste, sind dies im Wärme- und Strombereich mit 28% (Wärme) beziehungsweise 30% (Haushaltsstrom) deutlich größere Teile. Um die Sozialverträglichkeit weiter zu verbessern, sollten deswegen einkommensschwache Haushalte bei einer Umsetzung der Internalisierung – insbesondere in den Bereichen Wärme- und Stromverbrauch – mit zusätzlichen Maßnahmen unterstützt werden.

Die Aussagekraft der Ergebnisse dieser Arbeit ist jedoch einigen Einschränkungen unterworfen. So mussten aufgrund von Datenbeschränkungen verschiedene vereinfachende Annahmen (zum Beispiel zu den Preiseinflussfaktoren, Emissionsfaktoren, Preiselastizitäten) getroffen werden. Außerdem werden verschiedene Datenquellen eingesetzt, die wiederum selbst bezüglich ihrer Genauigkeit Einschränkungen aufweisen. In der Arbeit durchgeführte statistische Berechnungen, theoretische Überlegungen, Szenariorechnungen und Vergleiche mit anderen Studien führen jedoch zu der Einschätzung, dass die festgestellte Progressivität der Nettowirkung des Ökobonus als robust einzustufen ist. Allerdings gibt es erhebliche Unsicherheiten bezüglich deren genauen Ausmaßes. Hier, sowie bezüglich der konkreten Ausgestaltung der Internalisierung, besteht weiterer Forschungsbedarf. Als zentrales Forschungsergebnis dieser Arbeit kann jedoch festgehalten werden, dass eine Internalisierung der externen Kosten in den Bereichen Haushaltsstrom, Wärme, MIV und Flugzeug mit progressiven Verteilungswirkungen verbunden wäre und zu einer deutlichen Minderung der betrachteten Umweltwirkungen führen würde.



## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>V</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>IX</b>
<b>Schaubildverzeichnis .....</b>	<b>XVII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XXIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XXIX</b>
<b>1     Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2     Aufbau der Arbeit .....</b>	<b>7</b>
<b>3     Problemstellung und Forschungsfragen .....</b>	<b>9</b>
3.1     Überblick .....	9
3.2     Problemhintergrund: Die negativen Umweltwirkungen des Konsums.....	9
3.2.1     Die Entwicklung der weltweiten Produktion .....	9
3.2.2     Die „Great Acceleration“ und das Anthropozän.....	11
3.2.3     Die „planetary boundaries“ .....	15
3.2.4     Der „Ecological Footprint“ .....	18
3.2.5     Schlussfolgerung .....	22
3.3     Problemursache: Internalisierungslücken.....	23
3.3.1     Der „wahre“ Preis .....	23
3.3.2     Warum sind die externen Kosten nicht vollständig internalisiert? .....	25
3.4     Die Verringerung der Ungleichheit als eigenständiges Ziel.....	32
3.5     Formulierung der Forschungsfragen .....	36
<b>4     Wirtschaftstheoretischer Hintergrund .....</b>	<b>39</b>
4.1     Überblick .....	39
4.2     Wohlfahrtsökonomische Grundlage .....	39
4.3     Externe Effekte .....	40
4.4     Auswirkungen von externen Kosten auf Angebot und Preis .....	43
4.5     Internalisierung externer Kosten .....	44
4.6     Zusammenfassung.....	48

<b>5</b>	<b>Stand der Forschung .....</b>	<b>51</b>
5.1	Überblick .....	51
5.2	Finanzielle Belastungswirkungen der Internalisierung externer Kosten.....	52
5.3	Finanzielle Nettoverteilungswirkungen der Internalisierung externer Kosten.....	54
5.4	Erfahrungen zur Internalisierung externer Kosten in Deutschland .....	61
5.4.1	Die ökologische Steuerreform in Deutschland (1999-2003) .....	61
5.4.2	Die Energiewende und die Erneuerbaren Energien-Umlage (EEG-Umlage) .....	64
5.5	Ökobonus: Diskussion in Deutschland und Umsetzung in der Schweiz.....	67
5.6	Zusammenfassung.....	78
<b>6</b>	<b>Methodik.....</b>	<b>79</b>
6.1	Überblick .....	79
6.2	Übersicht der Methodik .....	79
6.3	Beschreibung der eingesetzten Datensätze.....	82
6.3.1	Überblick .....	82
6.3.2	Einkommens- und Verbrauchsstichproben 2008 (EVS2008) und 2013 (EVS2013) .....	82
6.3.3	Mobilität in Deutschland 2008 (MiD2008) .....	86
6.3.4	Das Globale Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS).....	89
6.4	Vorbereitende Schritte.....	91
6.4.1	Einteilung nach der ökonomischen Leistungsfähigkeit (Schritt 1).....	91
6.4.2	Festlegung des Untersuchungsbereichs (Schritt 2) .....	93
6.5	Bereichsspezifische Berechnungen bis zur Internalisierungslücke .....	95
6.5.1	Auswertung der Ausgaben (Schritt 3).....	95
6.5.2	Aufstellung der Preis-Ausgaben-Funktionen (Schritt 4) .....	96
6.5.3	Berechnung der Verbräuche (Schritt 5) .....	98
6.5.4	Berechnung der Emissionen (Schritt 6) .....	98
6.5.5	Berechnung der externen Kosten (Schritt 7) .....	100
6.5.6	Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung (Schritt 8) .....	103
6.5.7	Berechnung der Internalisierungslücke (Schritt 9) .....	107
6.6	Bereichsübergreifende Berechnung der Auswirkungen der Internalisierung .....	107
6.6.1	Berechnung der prozentualen Preiserhöhungen (Schritt 10).....	107
6.6.2	Berechnung und Festlegung der Preiselastizitäten (Schritt 11).....	108
6.6.3	Berechnung der Auswirkungen auf Verbrauch, Emissionen und externe Kosten (Schritt 12) .....	108
6.6.4	Berechnung der finanziellen Belastungswirkungen (Schritt 13).....	109
6.6.5	Berechnung der finanziellen Nettoverteilungswirkungen des Ökobonus (Schritt 14) ...	109
6.7	Zusammenfassung.....	110

---

<b>7</b>	<b>Bereichsspezifische Berechnungen „Haushaltsstrom“</b>	<b>117</b>
7.1	Überblick	117
7.2	Beschreibung des Untersuchungsbereichs	117
7.3	Auswertung der Ausgaben (Schritt 3)	119
7.3.1	Differenzierungsgrad der Ausgaben	119
7.3.2	Ergebnisse	120
7.4	Aufstellung der Preis-Ausgaben-Funktionen (Schritt 4)	122
7.5	Berechnung der Verbräuche (Schritt 5)	126
7.6	Berechnung der Emissionen (Schritt 6)	128
7.6.1	Emissionsfaktoren	128
7.6.2	Ergebnisse	129
7.7	Berechnung der externen Kosten (Schritt 7)	132
7.7.1	Kostensätze pro kWh	132
7.7.2	Ergebnisse	134
7.8	Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung (Schritt 8)	135
7.8.1	Bestehende Internalisierung	135
7.8.2	Bestehende Subventionen	138
7.8.3	Bestehende Nettointernalisierung	142
7.9	Berechnung der Internalisierungslücke (Schritt 9)	142
7.9.1	Internalisierungslücke pro kWh	142
7.9.2	Ergebnisse	143
<b>8</b>	<b>Bereichsspezifische Berechnungen „Wärme“</b>	<b>145</b>
8.1	Überblick	145
8.2	Beschreibung des Untersuchungsbereichs	145
8.3	Auswertung der Ausgaben (Schritt 3)	147
8.3.1	Differenzierungsgrad der Ausgaben	147
8.3.2	Ergebnisse	151
8.4	Aufstellung der Preis-Ausgaben-Funktionen (Schritt 4)	158
8.4.1	Erdgas	158
8.4.2	Heizöl	160
8.4.3	Fernheizung	161
8.4.4	Feste Brennstoffe	162
8.4.5	Heizstrom	163
8.5	Berechnung der Verbräuche (Schritt 5)	165
8.6	Berechnung der Emissionen (Schritt 6)	168

8.6.1	Emissionsfaktoren.....	168
8.6.2	Ergebnisse .....	170
8.7	Berechnung der externen Kosten (Schritt 7).....	173
8.7.1	Kostensätze pro kWh .....	173
8.7.2	Ergebnisse .....	174
8.8	Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung (Schritt 8) .....	178
8.8.1	Bestehende Internalisierung.....	178
8.8.2	Bestehende Subventionen.....	182
8.8.3	Bestehende Nettointernalisierung .....	184
8.9	Berechnung der Internalisierungslücke (Schritt 9).....	185
8.9.1	Internalisierungslücke pro kWh.....	185
8.9.2	Ergebnisse .....	186
<b>9</b>	<b>Bereichsspezifische Berechnungen „Mobilität“ .....</b>	<b>189</b>
9.1	Überblick .....	189
9.2	Beschreibung des Untersuchungsbereichs .....	190
9.3	Auswertung der Ausgaben (Schritt 3) .....	191
9.3.1	Differenzierungsgrad der Ausgaben .....	191
9.3.2	Ergebnisse .....	197
9.4	Aufstellung der Preis-Ausgaben-Funktionen (Schritt 4).....	202
9.4.1	Benzin und Diesel.....	202
9.5	Berechnung der Verbräuche (Schritt 5) .....	202
9.5.1	Umrechnungsfaktoren .....	202
9.5.2	Ergebnisse der EVS.....	204
9.5.3	Ergebnisse der MiD2008.....	208
9.5.4	Zusammengeführte Ergebnisse aus EVS und MiD2008 .....	224
9.6	Berechnung der Emissionen (Schritt 6) .....	232
9.6.1	Emissionsfaktoren.....	232
9.6.2	Ergebnisse .....	236
9.7	Berechnung der externen Kosten (Schritt 7).....	240
9.7.1	Verkehrsmittelspezifische Kostensätze .....	240
9.7.2	Ergebnisse .....	243
9.8	Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung (Schritt 8) .....	246
9.8.1	Vorbemerkungen .....	246
9.8.2	Bestehende Internalisierung.....	247
9.8.3	Bestehende Subventionen.....	252
9.8.4	Bestehende Nettointernalisierung .....	255



9.9	Berechnung der Internalisierungslücke (Schritt 9).....	256
9.9.1	Internalisierungslücke pro Personenkilometer.....	256
9.9.2	Ergebnisse .....	257
<b>10</b>	<b>Bereichsübergreifende Zwischenergebnisse (2013) .....</b>	<b>261</b>
10.1	Überblick .....	261
10.2	Klassifikation.....	261
10.3	Ausgaben .....	262
10.4	Verbräuche .....	264
10.5	Emissionen .....	265
10.6	Externe Kosten .....	267
10.7	Internalisierungslücke .....	269
<b>11</b>	<b>Auswirkungen der Internalisierung der externen Kosten .....</b>	<b>271</b>
11.1	Überblick .....	271
11.2	Berechnung der prozentualen Preiserhöhungen (Schritt 10) .....	271
11.2.1	Vorbemerkungen .....	271
11.2.2	Kurze Frist .....	271
11.2.3	Lange Frist.....	274
11.3	Berechnung und Festlegung der Preiselastizitäten (Schritt 11) .....	275
11.3.1	Berechnung direkter Preiselastizitäten der Energienachfrage aus EVS2008/2013 .....	275
11.3.2	Preiselastizitäten der Energienachfrage aus einer Metastudie .....	278
11.3.3	Preiselastizitäten der Flugverkehrsnachfrage.....	281
11.3.4	Zusammenstellung der verwendeten Preiselastizitäten .....	283
11.4	Berechnung der Auswirkungen auf Verbrauch, Emissionen und externe Kosten (Schritt 12) .....	286
11.4.1	Vorbemerkungen .....	286
11.4.2	Kurze Frist .....	287
11.4.3	Lange Frist.....	294
11.4.4	Vergleich .....	300
11.5	Berechnung der finanziellen Belastungswirkungen (Schritt 13) .....	302
11.5.1	Vorbemerkungen .....	302
11.5.2	Kurze Frist .....	304
11.5.3	Lange Frist.....	308
11.5.4	Vergleich .....	311
11.6	Berechnung der finanziellen Nettoverteilungswirkungen des Ökobonus (Schritt 14) .....	313
11.6.1	Vorbemerkungen .....	313
11.6.2	Kurze Frist .....	313

11.6.3	Lange Frist.....	318
11.6.4	Vergleich .....	321
<b>12</b>	<b>Szenariorechnungen.....</b>	<b>325</b>
12.1	Überblick .....	325
12.2	Alternative Kostensätze für THG .....	325
12.3	Alternative Preiselastizitäten .....	330
12.4	Zusammenfassung.....	335
<b>13</b>	<b>Vergleich mit anderen Studien .....</b>	<b>337</b>
13.1	Überblick .....	337
13.2	Vergleich der einkommensspezifischen Stromausgabenanteilen .....	337
13.2.1	Überblick.....	337
13.2.2	Methodik.....	337
13.2.3	Vergleich der Ergebnisse.....	337
13.3	Vergleich mit der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) .....	340
13.3.1	Überblick.....	340
13.3.2	Klassischer UGR-Ansatz: Berechnung mit Emissionsfaktoren des UBA.....	340
13.3.3	Erweiterter UGR-Ansatz: Zusätzliche Berechnungen über EE-IOA .....	346
13.4	Vergleich mit ECOLOG-Studie zum Pro-Kopf-Ressourcenverbrauch .....	349
13.4.1	Überblick.....	349
13.4.2	Methodik.....	349
13.4.3	Vergleich der Ergebnisse.....	353
13.5	Vergleich mit UBA-Berechnung zu gesellschaftlichen Kosten von Umweltbelastungen....	357
13.5.1	Überblick.....	357
13.5.2	Methodik.....	358
13.5.3	Vergleich der Ergebnisse.....	359
13.6	Zusammenfassung.....	360
<b>14</b>	<b>Diskussion und Analyse .....</b>	<b>363</b>
14.1	Kritische Auseinandersetzung mit der Aussagekraft der Ergebnisse .....	363
14.1.1	Überblick.....	363
14.1.2	Genauigkeit der EVS und der MiD2008 .....	363
14.1.3	Auswirkungen der weiteren Berechnungsschritte .....	371
14.1.4	Zusammenfassung .....	390
14.2	Auswirkungen jenseits der Durchschnittsbetrachtung .....	391
14.2.1	Überblick.....	391
14.2.2	Lineare Regressionsanalysen .....	392

---

14.2.3	Lage- und Streuungsmaße .....	395
14.2.4	Boxplot .....	402
14.2.5	Dezilspezifische Aufteilung in positive und negative Nettowirkungen des Ökobonus ..	404
14.2.6	Zusammenfassung .....	407
14.3	Überlegungen zur Umsetzung .....	407
14.3.1	Überblick .....	407
14.3.2	Instrumente zur Internalisierung der externen Kosten .....	408
14.3.3	Ausgestaltung des Ökobonus .....	415
14.3.4	Möglichkeiten zur Verbesserung der Sozialverträglichkeit .....	417
14.3.5	Zusammenfassung .....	421
<b>15</b>	<b>Beantwortung der Forschungsfragen .....</b>	<b>423</b>
15.1	Zentrale Forschungsfrage: Sozialverträglichkeit der Internalisierung .....	423
15.1.1	Überblick .....	423
15.1.2	Forschungsfrage 1a: Finanzielle Belastungswirkungen der Internalisierung .....	423
15.1.3	Forschungsfrage 1b: Nettowirkungen des Ökobonus .....	427
15.1.4	Einordnung und Diskussion der Ergebnisse .....	431
15.2	Untergeordnete Forschungsfragen .....	435
15.2.1	Überblick .....	435
15.2.2	Forschungsfrage 2: Einkommensspezifische Unterschiede im Jahr 2013 .....	436
15.2.3	Forschungsfrage 3: Einkommensspezifische Änderungen von 2008 bis 2013 .....	440
15.2.4	Forschungsfrage 4: Internalisierungslücken .....	445
15.2.5	Forschungsfrage 5: Einkommensspezifische Auswirkungen der Internalisierung .....	446
<b>16</b>	<b>Zusammenfassung, Fazit und Ausblick .....</b>	<b>451</b>
<b>Anhang</b>	<b>.....</b>	<b>459</b>
	Ergänzende Tabellen und Schaubilder .....	459
	Literaturverzeichnis .....	499
	Verwendete Hilfsmittel .....	519



## Schaubildverzeichnis

Schaubild 1: Entwicklung des weltweiten Materialverbrauchs .....	11
Schaubild 2: Entwicklung von zwölf Indikatoren des menschlichen Handelns im Zeitraum 1750-2010.....	13
Schaubild 3: Entwicklung von zwölf Indikatoren zum Zustand des Erdsystems im Zeitraum 1750-2010.....	15
Schaubild 4: Status der Kontrollvariablen der planetaren Belastungsgrenzen.....	16
Schaubild 5: Übersicht der Berechnungsmethodik des ökologischen Fußabdrucks.....	19
Schaubild 6: Ausgewählte Ergebnisse des ökologischen Fußabdrucks.....	21
Schaubild 7: Gini-Koeffizient des verfügbaren Nettoäquivalenzeinkommens von 1991-2014 in Deutschland.....	31
Schaubild 8: 90:10-Perzentilverhältnis des verfügbaren Nettoäquivalenzeinkommens von 1991-2014.....	32
Schaubild 9: Entwicklung von BIP, verfügbarem Einkommen und Lebenszufriedenheit in Deutschland.....	34
Schaubild 10: Differenzierung der externen Effekte.....	41
Schaubild 11: Gesellschaftlich optimale Lösung der Internalisierung externer Kosten.....	43
Schaubild 12: Gesellschaftlich optimale Lösung der Bestimmung des Pigou-Steuersatzes .....	47
Schaubild 13: Bruttoverteilungswirkungen durch Energiebesteuerung .....	53
Schaubild 14: Verteilungswirkungen einer CO <sub>2</sub> -Steuer in Großbritannien.....	57
Schaubild 15: Verteilungswirkungen einer ökologischen Steuerreform in der Schweiz mit Ökobonus.....	58
Schaubild 16: Gewinner und Verlierer des Stromspar-Bonus pro Äquivalenzeinkommensklasse .....	72
Schaubild 17: Ablaufschema der Methodik .....	80
Schaubild 18: Übersicht über in GEMIS berücksichtigte Prozesse und Effekte.....	90
Schaubild 19: Aufteilung des Stromverbrauchs der privaten Haushalte in Deutschland im Jahr 2011.....	118
Schaubild 20: Haushaltsstromausgaben 2008 und 2013 .....	121
Schaubild 21: Haushaltsstromausgabenanteile 2008 und 2013 .....	122
Schaubild 22: Strompreise für Haushaltskunden.....	123
Schaubild 23: Preisfunktionen der Ausgaben für Haushaltsstrom .....	126
Schaubild 24: Haushaltsstromverbrauch 2008 und 2013 .....	127
Schaubild 25: THG-Emissionen durch Haushaltsstromverbrauch 2008 und 2013.....	129
Schaubild 26: Externe Kosten des Haushaltsstromverbrauchs.....	135
Schaubild 27: Zertifikatspreise des Emissionshandel EU-ETS .....	137
Schaubild 28: Höhe der EEG-Umlage für private Haushalte .....	141
Schaubild 29: Internalisierungslücke im Haushaltsstrombereich .....	143

Schaubild 30: Internalisierungslücke im Haushaltsstrombereich im Jahr 2008.....	143
Schaubild 31: Internalisierungslücke im Haushaltsstrombereich im Jahr 2013.....	144
Schaubild 32: Vergleich der Internalisierungslücke im Haushaltsstrombereich 2008 und 2013.....	144
Schaubild 33: Heizausgaben nach Energieträgern 2008.....	152
Schaubild 34: Heizausgaben nach Energieträgern 2008.....	153
Schaubild 35: Heizausgabenanteile nach Energieträgern 2008.....	153
Schaubild 36: Heizausgaben nach Energieträgern 2013.....	154
Schaubild 37: Heizausgaben nach Energieträgern 2013.....	155
Schaubild 38: Heizausgabenanteile nach Energieträgern 2013.....	156
Schaubild 39: Vergleich der Heizausgaben 2008 und 2013.....	157
Schaubild 40: Vergleich der Heizausgaben 2008 und 2013.....	157
Schaubild 41: Gaspreise für Haushaltskunden.....	158
Schaubild 42: Preis-Ausgaben-Funktionen für Gas.....	160
Schaubild 43: Preise für Heizöl.....	161
Schaubild 44: Preise für Fernwärme.....	161
Schaubild 45: Preise für Heizstrom.....	164
Schaubild 46: Heizenergieverbrauch nach Energieträgern 2008.....	165
Schaubild 47: Heizenergieverbrauch nach Energieträgern 2013.....	166
Schaubild 48: Heizenergieverbrauch nach Energieträgern 2013.....	167
Schaubild 49: Vergleich des Heizenergieverbrauchs 2008 und 2013.....	168
Schaubild 50: THG-Emissionen durch Heizen nach Energieträgern 2008.....	171
Schaubild 51: THG-Emissionen durch Heizen nach Energieträgern 2013.....	172
Schaubild 52: THG-Emissionen durch Heizen nach Energieträgern 2013.....	172
Schaubild 53: Vergleich der THG-Emissionen durch Heizen 2008 und 2013.....	173
Schaubild 54: Externe Heizkosten nach Energieträgern 2008.....	175
Schaubild 55: Externe Heizkosten nach Energieträgern 2013.....	176
Schaubild 56: Externe Heizkosten nach Energieträgern 2013.....	176
Schaubild 57: Vergleich der externen Heizkosten 2008 und 2013.....	177
Schaubild 58: Externe Heizkosten nach Kostenarten 2013.....	178
Schaubild 59: Internalisierungslücke nach Heizenergieträgern im Jahr 2008.....	186
Schaubild 60: Internalisierungslücke nach Heizenergieträgern im Jahr 2013.....	187
Schaubild 61: Internalisierungslücke nach Heizenergieträgern im Jahr 2013.....	188
Schaubild 62: Vergleich der Internalisierungslücke im Wärmebereich der Jahre 2008 und 2013.....	188
Schaubild 63: Ausgaben für Pauschalreisen im Jahr 2013.....	196
Schaubild 64: Ausgaben für Mobilität 2008.....	198
Schaubild 65: Ausgabenanteile für Mobilität 2008.....	198
Schaubild 66: Ausgaben für Mobilität 2013.....	199

Schaubild 67: Ausgabenanteile für Mobilität 2013.....	200
Schaubild 68: Ausgabenvergleich EVS Mobilität 2008 und 2013.....	201
Schaubild 69: Ausgabenvergleich Mobilität 2008 und 2013.....	201
Schaubild 70: Kraftstoffpreise .....	202
Schaubild 71: Energieverbrauch des MIV 2008 .....	205
Schaubild 72: Energieverbrauch des MIV 2013 .....	205
Schaubild 73: Vergleich des Energieverbrauchs des MIV 2008 und 2013 .....	206
Schaubild 74: Fahrleistungen des MIV 2008 .....	207
Schaubild 75: Fahrleistungen des MIV 2013 .....	207
Schaubild 76: Vergleich der Fahrleistungen des MIV 2008 und 2013 .....	208
Schaubild 77: Wege nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptwegezwecke.....	211
Schaubild 78: Modal Split Wege– alle Hauptwegezwecke .....	212
Schaubild 79: Wege nach Hauptwegezweck – alle Hauptverkehrsmittel.....	213
Schaubild 80: Wege nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptwegezwecke außer dienstlich.....	214
Schaubild 81: Modal Split Wege – alle Hauptwegezwecke außer dienstlich.....	215
Schaubild 82: Reisen nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptreisezwecke .....	218
Schaubild 83: Modal Split Reisen – alle Hauptreisezwecke .....	218
Schaubild 84: Reisen nach Hauptreisezwecken– alle Hauptverkehrsmittel .....	219
Schaubild 85: Reisen nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptreisezwecke außer Dienst- /Geschäftsreise.....	220
Schaubild 86: Modal Split Reisen – alle Hauptreisezwecke außer Dienst-/Geschäftsreise .....	220
Schaubild 87: Wege und Reisen nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptwegezwecke außer dienstlich .....	223
Schaubild 88: Modal Split Wege und Reisen – alle Hauptwegezwecke außer dienstlich .....	224
Schaubild 89: Personenkilometer nach Verkehrsmitteln im Jahr 2008 .....	229
Schaubild 90: Modal Split im Jahr 2008 .....	229
Schaubild 91: Personenkilometer nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 .....	230
Schaubild 92: Modal Split im Jahr 2013 .....	231
Schaubild 93: Vergleich Personenkilometer 2008 und 2013 .....	232
Schaubild 94: THG-Emissionen nach Verkehrsmitteln im Jahr 2008 .....	236
Schaubild 95: THG-Emissionen nach Verkehrsmitteln im Jahr 2008 .....	237
Schaubild 96: THG-Emissionen nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 .....	238
Schaubild 97: THG-Emissionen nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 .....	239
Schaubild 98: Vergleich der THG-Emissionen 2008 und 2013 .....	239
Schaubild 99: Externe Kosten nach Verkehrsmitteln im Jahr 2008 .....	243
Schaubild 100: Externe Kosten nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 .....	244
Schaubild 101: Externe Kosten nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 .....	245

Schaubild 102: Externe Kosten nach Kostenarten im Jahr 2013.....	246
Schaubild 103: Internalisierungslücke nach Verkehrsmitteln im Jahr 2008 .....	257
Schaubild 104: Internalisierungslücke nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 .....	258
Schaubild 105: Internalisierungslücke nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 .....	258
Schaubild 106: Bereichsspezifische Ausgaben im Jahr 2013 .....	263
Schaubild 107: Bereichsspezifische Verbräuche im Jahr 2013 .....	265
Schaubild 108: Bereichsspezifische THG-Emissionen im Jahr 2013.....	266
Schaubild 109: Bereichsspezifische externe Kosten im Jahr 2013.....	267
Schaubild 110: Bereichsspezifische Internalisierungslücke im Jahr 2013.....	269
Schaubild 111: Bereichsspezifische Verbräuche nach der Internalisierung.....	288
Schaubild 112: THG-Emissionen nach der Internalisierung .....	290
Schaubild 113: Externe Kosten nach der Internalisierung .....	293
Schaubild 114: Bereichsspezifische Verbräuche nach der Internalisierung.....	295
Schaubild 115: THG-Emissionen nach der Internalisierung .....	297
Schaubild 116: Externe Kosten nach der Internalisierung .....	299
Schaubild 117: Vergleich der aggregierten Energieverbräuche nach der Internalisierung .....	300
Schaubild 118: Vergleich der aggregierten THG-Emissionen nach der Internalisierung .....	301
Schaubild 119: Vergleich der aggregierten externen Kosten nach der Internalisierung .....	302
Schaubild 120: Finanzielle Belastungen durch Internalisierung in der kurzen Frist .....	306
Schaubild 121: Finanzielle Belastungen durch Internalisierung in der kurzen Frist .....	308
Schaubild 122: Finanzielle Belastungen durch Internalisierung in der langen Frist .....	310
Schaubild 123: Finanzielle Belastungen durch Internalisierung in der langen Frist .....	311
Schaubild 124: Vergleich der finanziellen Belastungswirkungen nach der Internalisierung .....	312
Schaubild 125: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus in der kurzen Frist.....	314
Schaubild 126: Nettowirkungen des Ökobonus in der kurzen Frist.....	316
Schaubild 127: Nettowirkungen des Ökobonus in der kurzen Frist.....	318
Schaubild 128: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus in der langen Frist .....	319
Schaubild 129: Nettowirkungen des Ökobonus in der langen Frist.....	320
Schaubild 130: Nettowirkungen des Ökobonus in der langen Frist.....	321
Schaubild 131: Vergleich der Nettowirkungen des Ökobonus .....	322
Schaubild 132: Szen40€: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus in der kurzen Frist.....	327
Schaubild 133: Szen120€: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus in der kurzen Frist .....	328
Schaubild 134: Vergleich der Nettowirkungen des Ökobonus in der kurzen Frist unter verschiedenen THG-Kostensätzen .....	329



---

Schaubild 135: SzenPE0: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus .....	331
Schaubild 136: SzenPE<: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus .....	333
Schaubild 137: Vergleich der Nettowirkungen des Ökobonus mit verschiedenen Preiselastizitäten .....	335
Schaubild 138: Vergleich der Stromausgabenanteile mit den Ergebnissen des DIW Berlin.....	338
Schaubild 139: Berechnungsschema für hybrides Input-Output-Modell .....	347
Schaubild 140: Anteile der Konsumbereiche an den privaten Konsumausgaben der EVS2013 .....	377
Schaubild 141: Private Konsumausgaben der EVS2013 nach Konsumbereichen .....	378
Schaubild 142: Streudiagramm des Nettoäquivalenzeinkommens und der Nettowirkung des Ökobonus .....	393
Schaubild 143: Histogramm des Energieverbrauchs.....	397
Schaubild 144: Boxplot der Nettowirkung des Ökobonus .....	403
Schaubild 145: Wege nach Hauptverkehrsmittel (differenziert) – alle Hauptwegezwecke .....	466
Schaubild 146: Wege nach Hauptverkehrsmittel (differenziert) – alle Hauptwegezwecke außer dienstlich .....	467
Schaubild 147: Wege und Reisen nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptwegezwecke .....	468
Schaubild 148: Energieverbräuche der ECOLOG-Erhebung .....	482
Schaubild 149: THG-Emissionen der Energieverbräuche der ECOLOG-Erhebung .....	483



## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht der Forschungsfragen .....	38
Tab. 2: Energiesteuersätze 1999 bis 2006.....	61
Tab. 3: Ökosteuerbelastung <sup>1</sup> der privaten Haushalte 2003 nach Höhe des Haushaltseinkommens <sup>2</sup> und Energieträgern.....	62
Tab. 4: Gesamtwirkung der ökologischen Steuerreform <sup>1</sup> auf die privaten Haushalte 2003 nach Höhe des Haushaltseinkommens <sup>2</sup> und Haushalts-/Familientypen <sup>3</sup> .....	63
Tab. 5: Belastungswirkungen durch EEG-Umlage <sup>1</sup> .....	65
Tab. 6: Abgabesatz der CO <sub>2</sub> -Abgabe pro Tonne CO <sub>2</sub> von 2008 bis 2014 .....	70
Tab. 7: Gewinner und Verlierer des Stromspar-Bonus 2014 nach Anzahl der Haushaltsmitglieder .....	72
Tab. 8: Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben und verbleibende Zielerreichungslücke.....	74
Tab. 9: Soziale Verteilungswirkungen – Wohlfahrtseffekte für die einzelnen Haushalte.....	76
Tab. 10: Soziale Verteilungswirkungen – Wohlfahrtseffekte für die einzelnen Haushalte bei zusätzlichen Effizienzstandards.....	77
Tab. 11: Deskriptive Statistiken der EVS2008 .....	84
Tab. 12: Deskriptive Statistiken der EVS2013 .....	85
Tab. 13: Haushaltsnettoeinkommensklassen der MiD2008 .....	87
Tab. 14: Einteilung der Personen in Quintile nach dem Nettoäquivalenzeinkommen in der MiD2008.....	89
Tab. 15: Darstellung des Untersuchungsbereichs.....	94
Tab. 16: Mögliche Einflussfaktoren von Preisen .....	97
Tab. 17: Einbezogene Schadstoffe und CO <sub>2</sub> -Äquivalenzfaktoren .....	99
Tab. 18: Durchschnittliche Umweltkosten der Luftverschmutzung durch Energieerzeugung in Deutschland.....	101
Tab. 19: Durchschnittliche Kostensätze der Luftverschmutzung durch Energieerzeugung und Mobilität in Deutschland.....	102
Tab. 20: Übersicht zu ausgewählten Subventionsbegriffen.....	106
Tab. 21: Tabellarische Übersicht der Methodik .....	111
Tab. 22: Haushaltsstromverbrauch nach Heizenergieart bei 55% Heizkostenanteil .....	120
Tab. 23: Zuordnungsschlüssel/ Berechnungsformeln der eigenen Klassifikation.....	120
Tab. 24: Strom – Preise für Verbrauchsmittelwerte .....	123
Tab. 25: Strom – Halbjahresspezifische Ausgabenbeträge für Verbrauchsmittelwerte .....	124
Tab. 26: Strom – Übersicht der Variablen der Preis-Ausgaben-Funktionen Haushaltsstrom.....	125
Tab. 27: Emissionsfaktoren deutscher Strom-Mix (mit Atomenergie) .....	129
Tab. 28: Emissionen durch Haushaltsstromverbrauch (mit Atomenergie).....	131
Tab. 29: Berechnung des Kostensatzes für Atomenergie .....	132

Tab. 30: Emissionsfaktoren deutscher Strom-Mix (ohne Atomenergie) .....	133
Tab. 31: Externe Kostensätze Strom-Mix Deutschland .....	134
Tab. 32: Internalisierungswirkung der Stromsteuer .....	135
Tab. 33: Internalisierungswirkung der Kernbrennstoffsteuer.....	136
Tab. 34: Internalisierungswirkung des Emissionshandels EU-ETS im Strombereich.....	137
Tab. 35: Internalisierungswirkung der Förderabgaben im Strombereich.....	138
Tab. 36: Subventionswirkung der Absatzbeihilfen im Strombereich.....	140
Tab. 37: Subventionswirkung der Forschungsausgaben für Kernenergie.....	141
Tab. 38: Bestehende Nettointernalisierung im Strombereich .....	142
Tab. 39: Übersicht und Zuordnung der Ausgabenvariablen der EVS2008 und EVS2013.....	149
Tab. 40: Zuordnungsschlüssel/ Berechnungsformeln der eigenen Klassifikation.....	151
Tab. 41: Gas – Preise für Verbrauchsmittelwerte .....	159
Tab. 42: Gas – Halbjahresspezifische Ausgabenbeträge für Verbrauchsmittelwerte.....	159
Tab. 43: Gas – Übersicht der Variablen der Preis-Ausgaben-Funktionen.....	159
Tab. 44: Preisberechnung für feste Brennstoffe .....	163
Tab. 45: Tarife für Heizstrom und Haushaltsstrom im Vergleich .....	164
Tab. 46: Zuordnung der GEMIS-Heizprozesse auf die Ausgabeklassen .....	169
Tab. 47: Zusammensetzung der festen Brennstoffe .....	170
Tab. 48: Emissionsfaktoren Wärme .....	170
Tab. 49: Energieträgerspezifische externe Kostensätze der Wärmeerzeugung im Jahr 2008.....	174
Tab. 50: Energieträgerspezifische externe Kostensätze der Wärmeerzeugung im Jahr 2013.....	174
Tab. 51: Berechnung Energiesteuerbelastung Fernwärme.....	179
Tab. 52: Internalisierungswirkung der Energiesteuer im Heizungsbereich .....	180
Tab. 53: Internalisierungswirkung des Emissionshandels ETS im Heizungsbereich.....	181
Tab. 54: Internalisierungswirkung der Förderabgaben im Heizungsbereich .....	182
Tab. 55: Subventionswirkung der Absatzbeihilfen im Heizungsbereich .....	183
Tab. 56: Subventionswirkung des ermäßigten Umsatzsteuersatzes für den Energieträger Holz.....	184
Tab. 57: Bestehende Nettointernalisierung im Wärmebereich.....	185
Tab. 58: Internalisierungslücke im Wärmebereich .....	186
Tab. 59: Autos nach Antriebstyp .....	193
Tab. 60: Durchschnittliche Jahresfahrleistung der Autos nach Antriebstyp.....	193
Tab. 61: Aggregierte Jahresfahrleistung der erfassten Autos nach Antriebstyp .....	194
Tab. 62: Anteile der Antriebsarten an aggregierter Jahresfahrleistung der erfassten Autos nach Antriebstyp.....	194
Tab. 63: Anteile von Benzin und Diesel an aggregierter Jahresfahrleistung der erfassten Autos nach Antriebstyp.....	195
Tab. 64: Zuordnung der EVS-Ausgabevariablen auf eigene Klassifikation.....	196

Tab. 65: Zuordnungsschlüssel/ Berechnungsformeln der eigenen Klassifikation.....	197
Tab. 66: PKW-Umrechnungsfaktoren Pkm pro kWh.....	203
Tab. 67: Umrechnungsfaktor anderer Verkehrsmittel kWh pro Pkm .....	204
Tab. 68: Eingeschlossene Fälle Wegedatensatz .....	208
Tab. 69: Hierarchie der Verkehrsmittel zur Bestimmung des Hauptverkehrsmittels der Wege .....	209
Tab. 70: Eingeschlossene Fälle Reisedatensatz.....	216
Tab. 71: Hierarchie der Verkehrsmittel zur Bestimmung des Hauptverkehrsmittels der Reisen .....	216
Tab. 72: Zuordnungsschlüssel der Hauptverkehrsmittel Wege und Reisen .....	221
Tab. 73: Zuordnung und verwendete Klassifikation .....	225
Tab. 74: Ausgaben für Flüge aus EVS2008 und 2013 .....	227
Tab. 75: Berechnung von dezilspezifischen Flugkilometern .....	227
Tab. 76: Aufteilung der Jahresfahrleistung nach Lage .....	233
Tab. 77: Verwendete Emissionsfaktoren im Mobilitätsbereich.....	235
Tab. 78: Zuordnung der Emissionsfaktoren im Mobilitätsbereich.....	235
Tab. 79: Verkehrsmittelspezifische externe Kostensätze im Jahr 2008.....	242
Tab. 80: Verkehrsmittelspezifische Kostensätze im Jahr 2013 .....	242
Tab. 81: Internalisierungswirkung der Energiesteuer im Mobilitätsbereich .....	247
Tab. 82: Durchschnittliche Internalisierungswirkung der KFZ-Steuer.....	248
Tab. 83: Vergleich der KFZ-Steuer Benzin/Diesel.....	249
Tab. 84: Internalisierungswirkung der KFZ-Steuer für Diesel und Benziner .....	249
Tab. 85: Internalisierung durch Luftverkehrsabgabe .....	250
Tab. 86: Internalisierungswirkung des Emissionshandels ETS im Mobilitätsbereich.....	251
Tab. 87: Übersicht über Internalisierungsmaßnahmen .....	252
Tab. 88: Subventionswirkung der Infrastrukturkosten/Wegekosten .....	253
Tab. 89: Steuerausfall durch Entfernungspauschale.....	254
Tab. 90: Steuerausfall durch Umsatzsteuerbefreiung internationaler Flüge.....	255
Tab. 91: Übersicht über Subventionen im Mobilitätsbereich .....	255
Tab. 92: Bestehende Nettointernalisierung im Mobilitätsbereich .....	256
Tab. 93: Internalisierungslücke im Mobilitätsbereich.....	257
Tab. 94: Zuordnung und verwendete Klassifikation .....	262
Tab. 95: Übersicht über externe Kostensätze .....	268
Tab. 96: Übersicht über Internalisierungslücken im Jahr 2013.....	270
Tab. 97: Preisänderungen durch Internalisierung in der kurzen Frist.....	273
Tab. 98: Preisänderungen durch Internalisierung in der langen Frist.....	274
Tab. 99: Berechnung der Preisänderung 2008-2013 .....	276
Tab. 100: Berechnung der Verbrauchsänderung 2008-2013.....	277
Tab. 101: Berechnung der direkten Preiselastizitäten der Energienachfrage 2008-2013 .....	277

Tab. 102: Durchschnittliche Preiselastizitäten aus Metastudie .....	280
Tab. 103: Übersicht über Preiselastizitäten der Nachfrage im Luftverkehrsbereich .....	282
Tab. 104: Angenommene durchschnittliche Preiselastizitäten der Flugverkehrsnachfrage .....	283
Tab. 105: Verwendete einkommensspezifische Preiselastizitäten nach Energieträgern .....	286
Tab. 106: Prozentuale Änderung des Verbrauchs durch Internalisierung (kurze Frist) .....	289
Tab. 107: Prozentuale Änderung der THG-Emissionen durch Internalisierung (kurze Frist) .....	291
Tab. 108: Prozentuale Änderung der Emissionen durch Internalisierung (kurze Frist) .....	291
Tab. 109: Prozentuale Änderung der externen Kosten durch Internalisierung (kurze Frist) .....	292
Tab. 110: Prozentuale Änderung des Verbrauchs durch Internalisierung (lange Frist) .....	296
Tab. 111: Prozentuale Änderung der THG-Emissionen durch Internalisierung (lange Frist) .....	298
Tab. 112: Prozentuale Änderung der Emissionen durch Internalisierung (lange Frist) .....	298
Tab. 113: Prozentuale Änderung der externen Kosten durch Internalisierung (kurze Frist) .....	300
Tab. 114: Korrelation zwischen Nettowirkung des Ökobonus und Energieverbrauch (kurze Frist) ....	317
Tab. 115: Szenarioergebnisse der externen Kostensätze pro kWh.....	326
Tab. 116: Szenarioergebnisse der Internalisierungslücken pro kWh.....	326
Tab. 117: Szenarioannahmen für einkommensspezifische Preiselastizitäten nach Energieträgern ...	332
Tab. 118: Szenariorechnung: Stromausgabenanteile aus SOEP (Preiselastizität: kurze Frist) .....	339
Tab. 119: Zuordnung der UGR-Klassifikation (klassischer Ansatz).....	342
Tab. 120: Energieverbrauch — Vergleich der eigenen mit den Ergebnissen des klassischen UGR- Ansatz .....	344
Tab. 121: CO <sub>2</sub> -Emissionen — Vergleich der eigenen mit den Ergebnissen des klassischen UGR- Ansatz .....	345
Tab. 122: Zuordnung der UGR-Klassifikation (erweiterter Ansatz).....	347
Tab. 123: CO <sub>2</sub> -Emissionen — Vergleich der eigenen mit den Ergebnissen des erweiterten UBA- Ansatzes .....	348
Tab. 124: Themenbereiche der ECOLOG-Datenerhebung .....	350
Tab. 125: Nettoäquivalenzeinkommensklassen und Fallzahlen der ECOLOG-Erhebung.....	351
Tab. 126: THG-Emissionsfaktoren der ECOLOG-Erhebung .....	352
Tab. 127: Zuordnung der ECOLOG-Klassifikation.....	352
Tab. 128: Zuordnung der Nettoäquivalenzeinkommensklassen.....	353
Tab. 129: Vergleich der Energieverbräuche mit der ECOLOG-Erhebung .....	355
Tab. 130: Vergleich der THG-Emissionen mit der ECOLOG-Erhebung.....	357
Tab. 131: Anteile der privaten Haushalte am Energieverbrauch.....	358
Tab. 132: Umrechnung der vom UBA berechneten externen Kosten .....	359
Tab. 133: Zuordnung der UBA-Klassifikation .....	359
Tab. 134: Vergleich der externen Kosten mit Berechnungen des UBA.....	360
Tab. 135: Relative Standardfehler der Ausgaben der EVS2013 .....	367
Tab. 136: Fallzahlen mit jeweiligen Ausgaben größer 0 der EVS2013 .....	367

Tab. 137: Relative Standardfehler der Ausgaben der EVS2013 .....	368
Tab. 138: Relative Standardfehler der Flugkilometer aus MiD2008 .....	369
Tab. 139: Ausgabenbedingte Konfidenzintervalle der Nettowirkungen des Ökobonus .....	370
Tab. 140: Elastizitäten verschiedener Äquivalenzskalen .....	374
Tab. 141: CO <sub>2</sub> -Emissionen der privaten Haushalte im Jahr 2013 laut Berechnungen der UGR.....	379
Tab. 142: Übersicht der eingesetzten Preiseinflussfaktoren .....	380
Tab. 143: Ergebnisse der linearen Regressionsanalysen (unabhängige Variable: Nettoäquivalenzeinkommen).....	393
Tab. 144: Nettowirkung des Ökobonus aufgeteilt nach Anzahl der Haushaltsmitglieder .....	395
Tab. 145: Dezilspezifische Lage- und Streuungsmaße der Energieverbräuche .....	396
Tab. 146: Dezilspezifische Lage- und Streuungsmaße der Belastungswirkungen der Internalisierung .....	399
Tab. 147: Dezilspezifische Lage- und Streuungsmaße der Nettowirkungen des Ökobonus.....	401
Tab. 148: Quartilswerte und Interquartilsabstand der Nettowirkung des Ökobonus .....	402
Tab. 149: Anteil der Personen mit positiver Nettowirkung und Mittelwerte der Personen mit positiver/negativer Nettowirkung (kurze Frist) .....	405
Tab. 150: Mittelwerte der Personen mit positiver/negativer Nettowirkung (kurze Frist, relativ) .....	406
Tab. 151: Übersicht zu möglichen Internalisierungsinstrumenten .....	415
Tab. 152: Zentrale Forschungsfrage .....	423
Tab. 153: Ergebnisse zu Forschungsfrage 1a) .....	426
Tab. 154: Ergebnisse zu Forschungsfrage 1b) .....	430
Tab. 155: Übersicht der ungeordneten Forschungsfragen .....	435
Tab. 156: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 2a).....	436
Tab. 157: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 2b) .....	437
Tab. 158: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 2c) .....	438
Tab. 159: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 2d) .....	439
Tab. 160: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 2e).....	439
Tab. 161: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 3a).....	440
Tab. 162: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 3b) .....	441
Tab. 163: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 3c) .....	442
Tab. 164: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 3d) .....	443
Tab. 165: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 3e.....	444
Tab. 166: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 4.....	445
Tab. 167: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 5a .....	446
Tab. 168: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 5b.....	447
Tab. 169: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 5c, Teil 1: THG.....	448
Tab. 170: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 5c, Teil 2: Luftschadstoffe .....	449
Tab. 171: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 5d.....	450

Tab. 172: Heizausgaben der EVS2008 .....	459
Tab. 173: Disaggregierte Heizausgaben der Variable „Fern-/Zentralheizung, Warmwasser, Umlagen“ (ef255) der EVS2008 (€/P/a) .....	459
Tab. 174: Heizausgaben der EVS2013 .....	460
Tab. 175: Heizausgaben der EVS2013 für Umlagen .....	460
Tab. 176: Disaggregierte Heizausgaben der EVS2013 der Variable „Warmwasser“ .....	461
Tab. 177: Luftschadstoffemissionen durch Heizen nach Energieträgern 2008 .....	462
Tab. 178: Luftschadstoffemissionen durch Heizen nach Energieträgern 2013 .....	464
Tab. 179: Emissionsfaktoren Mobilität, Teil 1 .....	469
Tab. 180: Emissionsfaktoren Mobilität, Teil 2 .....	471
Tab. 181: Emissionsfaktoren Flugzeug aus GEMIS v4.94 .....	473
Tab. 182: Luftschadstoffemissionen der Mobilität im Jahr 2008 .....	474
Tab. 183: Luftschadstoffemissionen der Mobilität im Jahr 2013 .....	476
Tab. 184: Externe Kosten der Mobilität nach Kostenarten im Jahr 2008 .....	478
Tab. 185: Externe Kosten der Mobilität nach Kostenarten im Jahr 2013 .....	480
Tab. 186: Preise nach der Internalisierung .....	484
Tab. 187: Verbrauch nach der Internalisierung in der kurzen Frist .....	484
Tab. 188: Verbrauch nach der Internalisierung in der langen Frist .....	485
Tab. 189: Emissionen vor der Internalisierung im Jahr 2013 .....	486
Tab. 190: Emissionen nach der Internalisierung in der kurzen Frist .....	488
Tab. 191: Emissionen nach der Internalisierung in der langen Frist .....	490
Tab. 192: Lage- und Streuungsmaße der Energieverbräuche aus EVS2013 .....	492
Tab. 193: Lage- und Streuungsmaße der Wege aus MiD2008, Teil 1 .....	493
Tab. 194: Lage- und Streuungsmaße der Wege aus MiD2008, Teil 2 .....	494
Tab. 195: Lage- und Streuungsmaße der Wege aus MiD2008, Teil 3 .....	495
Tab. 196: Lage- und Streuungsmaße der Reisen aus MiD2008 .....	496
Tab. 197: Koeffizienten der durchgeführten linearen einfachen Regressionsanalysen (Energieverbrauch) .....	497
Tab. 198: Koeffizienten der linearen einfachen Regressionsanalysen (Nettowirkung des Ökobonus) .....	497
Tab. 199: Koeffizienten der linearen multiplen Regressionsanalyse (Nettowirkung des Ökobonus) .....	498



## Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V
AHV	Alters- und Hinterlassenenversicherung
BBergG	Bundesberggesetz
BDEW	Bundesverband für Energie- und Wasserwirtschaft
BFE	Bundesamt für Energie
BGL	Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V.
BIP	Bruttoinlandsprodukts
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Österreich)
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, bis 2013 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BRICS	Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	Perfluoraethan
CATI	computer assisted telephone interview
CAWI	computer assisted web interview
CDU	Christlich Demokratische Unions Deutschlands
CF <sub>4</sub>	Perfluormethan
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
COICOP	Classification of Individual Consumption by Purpose
CSU	Christlich-Soziale Union in Bayern
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
DIW Berlin	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DLR	Institut für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
DMC	domestic material consumption (inländischer Materialverbrauch)
EEA	European Environment Agency
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EE-IOA	Environmentally Extended-Input-Output-Analyse
EFD	Eidgenössisches Finanzdepartement
EGF	Emissionsgewichtungsfaktor
EnergieStG	Energiesteuergesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EQF	equivalence factor (Äquivalenzfaktor)
ETRN	Ecological Tax Reform Neutral
ETRT	Ecological Tax Reform Tax reduction

EU	Europäische Union
EU-27	Europäische Union mit 27 Mitgliedsstaaten (1.01.2007 bis 30.06.2013)
EU-28	Europäische Union mit 28 Mitgliedsstaaten (seit dem 01.07.2013)
EU-ETS	Europäisches Emissionshandelssystem
Eurostat	Statistisches Amt der Europäischen Union
EVS	Einkommens- und Verbrauchsstichprobe
EZV	Eidgenössischen Zollverwaltung
FDP	Freie Demokratische Partei
FDZ	Forschungsdatenzentrum des Bundes und der Länder
FEST	Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft e.V.
FFU	Forschungszentrum für Umweltpolitik
FÖS	Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e.V.
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
GDP	Gross Domestic Product (Bruttoinlandsprodukt)
GEMIS	Globale Emissions-Modell integrierter Systeme
GPI	Genuine Progress Indicator
HRF	Hochrechnungsfaktor
IATA	International Air Transport Association
IEEP	Institute for European Environmental Policy
IER	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
infas	Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH
IOA	Input-Output-Analyse
GWP	Global Warming Potential (Treibhausgaspotenzial)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISEW	Index of Sustainable Welfare
ISIS	Institute of Studies for the Integration of Systems
IW Köln	Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V.
JRC-IPTS	Joint Research Centre – Institute for Prospective Technological Studies
KONTIV	Kontinuierlichen Erhebungen zum Verkehrsverhalten
KraftStG	Kraftfahrzeugsteuergesetz
LCA	Life Cycle Assessments (Lebenszyklusanalysen)
LDC	Least Developed Countries
LKW	Lastkraftwagen
LuftVStG	Luftverkehrsteuergesetz
MiD2008	Mobilität in Deutschland 2008
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MK 2.0	Methodenkonvention 2.0
N <sub>2</sub> O	Distickstoffmonoxid
NEEDS	New Energy Externalities for Sustainability
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NMVOC	Flüchtige Organische Verbindungen ohne Methan
NO <sub>x</sub>	Stickoxide

NTNU	Norwegian University of Science and Technology
NWI	Nationaler Wohlfahrtsindex
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OKP	obligatorische Krankenpflegeversicherung
ÖPFV	Öffentlicher Personenfernverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
ÖSR	ökologische Steuerreform
PAPI	paper and pencil interview
PBL	Planbureau voor de Leefomgeving (Niederländische Umweltbehörde)
PKW	Personenkraftwagen
PM <sub>10</sub>	Feinstaub mit einem Durchmesser bis 10 Mikrometern
PM <sub>2.5</sub>	Feinstaub mit einem Durchmesser bis 2,5 Mikrometer
PM <sub>coarse</sub>	Feinstaub mit einem Durchmesser zwischen 2,5 und 10 Mikrometern
PUF	Public-Use-File
RWI	RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
SEA	Systematik der Einnahmen und Ausgaben der privaten Haushalte
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
SOEP	Sozio-oekonomisches Panel
SPD	Sozialdemokratische Partei Deutschlands
SteinkohleFinG	Steinkohlefinanzierungsgesetz
StromStG	Stromsteuergesetz
SUF	Scientific-Use-File
TFZ	Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe
THG	Treibhausgase
TNO	The Netherlands Organisation For Applied Scientific Research
TU Dresden	Technische Universität Dresden
U.S.	United States
UBA	Umweltbundesamt
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnung
UN	Vereinte Nationen
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USDA-ERS	United States Department of Agriculture - Economic Research Service
UStG	Umsatzsteuergesetz
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VOC	volatile organic compounds (flüchtige organische Verbindungen)
VPI	Verbraucherpreisindex
VVG	Versicherungsvertragsgesetz
WEG	Wirtschaftsverbands Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V.
WWB	Weiter-wie-bisher
YF	Yield factor (Ertragsfaktor)

## Einheiten

°C	Grad Celsius
a	Jahr
Bio.	Billion
CHF	Schweizer Franken
CO <sub>2</sub> e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
Ct.	Eurocent
E/MSY	extinctions per million species-years
Fzkm	Fahrzeugkilometer
g	Gramm
gha	globale Hektar
GJ	Gigajoule
HH	Haushalt
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kWh	Kilowattstunde
m	Monat
mg	Milligramm
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde
MWh	Megawattstunde
nmol	Nanomol
P	Person
PJ	Petajoule
Pkm	Personenkilometer
ppm	parts per million
R <sup>2</sup>	Bestimmtheitsmaß der Regression
Rp	Rappen
t	Tonnen
TWh	Terawattstunde
VOLY	value of a life year
YOLL	year of life lost
β	Korrelationskoeffizient

## Formeln

ΔW	Wohlfahrtsverlust
ΔQ <sup>int</sup>	Verbrauchsänderung durch Internalisierung
A	Ausgaben
ÄF	Äquivalenzfaktor
B	finanzielle Belastungswirkungen (Bruttoperspektive)

b	Konstante
BI	aggregierte bestehende Internalisierung pro Einheit
$bi_{1,...,m}$	bestehendes Internalisierungsinstrumente pro Einheit
E	Emissionen
e	Emissionsfaktor
$E^*$	optimale Emissionsmenge
$en_{1,...,a}$	Energieträger/Verkehrsmittel der Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität
EXT	aggregierte Externe Kosten
ext	Externe Kosten des Schadstoffes
$GK_{ext}$	externe Grenzkosten
$GK_{priv}$	private Grenzkosten
$GK_{soz}$	soziale Grenzkosten
GS(E)	Grenzschadenskosten
GVK(E)	Grenzvermeidungskosten
HH	Haushalt
$i_{1,2,...,10,\bar{10}}$	Nettoäquivalenzeinkommensdezile 1 bis 10 und Durchschnitt
IL	Internalisierungslücke pro Einheit
$j_{1,...,n}$	Schadstoffe
k	Kostensatz des betrachteten Schadstoffes
K	Kostensatz pro verbrauchter Einheit
m	Steigung
NÄQUIEK	Nettoäquivalenzeinkommen
NHHEK	Nettohaushaltseinkommen
$NWÖB^{int}$	finanzielle Nettowirkungen des Ökobonus
P(A)	Preis-Ausgaben-Funktion
$P_{1,...,b}$	Personen
$P_{1,...,n}$	Haushaltsmitglieder
$PE^{int}$	prozentuale Preiserhöhung durch Internalisierung
Q	Verbrauch
$Q^{int}$	Verbrauch nach Internalisierung
$Q_{markt}$	Absatzmenge ohne staatliche Eingriffe
$Q_{opt}$	optimale Absatzmenge
S	aggregierte bestehende Subvention pro Einheit
S(E)	gesamtwirtschaftliche Schadenskosten
$s_{1,...,u}$	bestehende Subventionstatbestände pro Einheit
t	Steuersatz
$t^*$	optimale Steuer = Pigou-Steuer
$t_{2008,2013}$	Jahre 2008 und 2013
$t_{opt}$	optimale Steuer = Pigou-Steuer
VK(E)	gesamtwirtschaftlichen Vermeidungskosten
$\eta$	(einkommens-und energieträgerspezifische) Preiselastizitäten



## 1 Einleitung

Am 12. Dezember 2015 wurde auf der UN-Klimakonferenz in Paris das „Übereinkommen von Paris“ verabschiedet. Darin bekennen sich die unterzeichnenden Nationen dazu, gemeinsam den „Anstieg der durchschnittlichen Erdtemperatur deutlich unter 2 °C über dem vorindustriellen Niveau“ zu halten und dass „Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C [...] zu begrenzen“ (UNFCCC 2015: 2).<sup>1</sup> International wurde das inzwischen auch als Weltklimavertrag bezeichnete Übereinkommen als großer Erfolg gefeiert. Und ohne Frage stellt es einen wichtigen Schritt dar.<sup>2</sup> Es wurde jedoch auch festgestellt, dass die eigentliche Arbeit jetzt erst beginnt (vgl. Weimann et al. 2016: 16f). Denn in dem Abkommen werden zwar Reduktionsziele vereinbart; auf welchem Wege diese erreicht werden sollen, ist jedoch nicht geregelt.

Deutschland hat seine Minderungsziele im „Klimaschutzplan 2050“ festgelegt. Laut diesem sollen die Treibhausgas (THG)-Emissionen in Deutschland bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 um mindestens 55% gesenkt werden (BMUB 2016b: 33). Bis zum Jahr 2050 sollen die THG-Emissionen sogar um 80 bis 95% reduziert werden (BMUB 2016b: 28). Im Bereich des Klimaschutzes hat sich Deutschland also ambitionierte Ziele gesetzt, die nur mit einer ebenso ambitionierten Klimapolitik erreicht werden können. Insbesondere in den letzten Jahren sind die Fortschritte auf diesem Gebiet aber eher verhalten. So hielt die Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ in ihrer Stellungnahme im Dezember 2016 fest, „dass die Treibhausgasemissionen in den vergangenen sieben Jahren – also seit 2009 – mehr oder weniger stagnieren“ (Löschel et al. 2016: 4). Deswegen wird das Ziel der Bundesregierung, die THG-Emissionen im Vergleich zu 1990 bis zum Jahr 2020 um 40% zu senken, voraussichtlich verfehlt (Löschel et al. 2016: 4). Im Klimaschutzplan 2016 der Bundesregierung wurden in Reaktion auf die drohende Zielverfehlung zwar zusätzliche Maßnahmen vorgeschlagen, durch die das Minderungsziel möglicherweise noch erreicht werden könne – das gelte aber nur bei einer ambitionierten und idealtypischen Umsetzung. Unter realistischeren Annahmen gehen die Prognosen jedoch auch bei der Umsetzung dieser zusätzlichen Maßnahmen von einer Reduzierung von 37% und damit einer Verfehlung des Ziels aus (BMUB 2016a: 18; BMUB 2016b: 34).

---

<sup>1</sup> In Kraft trat das Abkommen am 4. November 2016. Voraussetzung dafür war, dass mehr als 55 Länder das Abkommen unterzeichnen und diese für mehr als 55% der jährlichen globalen THG-Emissionen verantwortlich sind.

<sup>2</sup> Allerdings gab und gibt es auch kritische Stimmen. Die Kritikpunkte sind vielfältig, was bei einem Abkommen solchen Umfangs auch nicht weiter verwunderlich ist. Wichtige Punkte sind, dass in dem Übereinkommen zwar nationale THG-Emissionsminderungsziele enthalten sind, diese aber weder international abgestimmt sind, noch dass deren Nichteinhaltung mit Sanktionen verbunden wäre. Zudem zeigen erste Berechnungen, dass die gemachten Zusagen – den Austritt der USA noch nicht berücksichtigend – „nur“ zu einer Begrenzung der Erwärmung auf 2,7 °C führen würde (Weimann et al. 2016: 17).

Auch in anderen Bereichen zeigen sich in Deutschland große Umweltprobleme. Ein prominentes Beispiel ist die Debatte über die negativen Auswirkungen von Feinstaub und Stickstoffoxiden, die sich im Zuge des Diesel-Skandals noch weiter zugespitzt hat. Nach Berechnungen von Anenberg et al. (2017: 48), waren die Nichteinhaltungen der Emissionsstandards bei Dieselfahrzeugen weltweit für 38.000 vorzeitige Todesfälle verantwortlich, wovon 11.400 der EU-28 zuzurechnen seien. Ein weiteres Beispiel ist die hohe Nitratbelastung von Böden und Gewässern in Deutschland, die durch den übermäßigen Einsatz von Gülle und Kunstdünger zustande kommt. Im Falle der Nitratbelastung läuft bereits eine Klage der EU-Kommission gegen Deutschland (Europäische Kommission 28.04.2016), bei den Stickstoffoxiden wurde von Seiten der EU-Kommission Mitte Februar 2017 ein letztes Mahnschreiben verschickt (Europäische Kommission 15.02.2017).

Die aufgezählten Beispiele zeigen, dass in vielen Bereichen der deutschen Umweltpolitik dringender Handlungsbedarf besteht. Der hauptsächliche Grund für negative Umweltwirkungen lässt sich dabei in der seit Beginn der industriellen Revolution enorm angestiegenen Produktionstätigkeit ausmachen (siehe Kapitel 3.2). Während das dadurch ermöglichte höhere Konsumniveau unbestreitbar viele positive Folgen hatte und hat (zum Beispiel die Erhöhung der Lebenserwartung), führte es ebenfalls unbestreitbar dazu, dass die Umweltbelastung erheblich anstieg. Dabei haben die Umweltwirkungen inzwischen ein solches Niveau erreicht, dass offenbar die Stabilität verschiedener Erdsysteme gefährdet ist. So sind laut dem Konzept und Berechnungen der „planetary boundaries“ inzwischen vier der sieben bewertbaren planetaren Belastungsgrenzen überschritten (siehe Kapitel 3.2.3). Zu ähnlich alarmierenden Ergebnissen kommt der ökologische Fußabdruck: Laut diesem würden statt der einen vorhandenen insgesamt 1,7 Erden zur dauerhaften Aufrechterhaltung des heutigen Konsumniveaus benötigt. Noch dramatischer stellt sich die Lage dar, wenn man annimmt, dass alle Erdbewohner in gleicher Weise konsumieren würden wie die Deutschen: Um dies dauerhaft zu gewährleisten wären nach dem ökologischen Fußabdruck 3,2 Erden notwendig (siehe Kapitel 3.2.4).

Sowohl das weltweite als auch in noch schärferer Form das deutsche Konsumniveau sind also offenbar nicht nachhaltig. Wie ist dies zu erklären? Aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht lässt sich eine Hauptursache dafür eindeutig benennen: die externen Kosten. Externe Kosten stellen eine Form des Marktversagens dar. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie nicht von dem sie verursachenden Akteur getragen werden, sondern von Dritten, die dafür keinen Ausgleich erhalten (siehe Kapitel 4.3). Dabei können diese Dritte sowohl intra- als auch intergenerationeller Natur sein. Werden keine Maßnahmen zur Internalisierung getroffen, so sind externe Kosten nicht Teil des Marktpreises. Daraus folgt, dass der gezahlte Preis niedriger als der gesellschaftliche Preis ist, was zu – aus wohlfahrtstheoretischer Sicht – ineffizienten Marktgleichgewichten mit einem zu hohen Konsumniveau führt (siehe Kapitel 4). Der Preis – das in „der Marktwirtschaft [...] wichtigste und vorherrschende Signal“ (Schmidt-Bleek 2007:



206) – liefert bei vorliegenden externen Kosten also unvollständige und damit falsche Informationen und führt neben einem zu hohen Produktions- und Konsumniveau auch zu fehlgeleiteten Investitionsentscheidungen. Dass externe Kosten in nennenswerten Umfang vorliegen, wurde in verschiedenen Studien bereits gezeigt (siehe Kapitel 3.3.1). So ergaben beispielsweise – nach eigenen Angaben bei weitem nicht vollständige – Berechnungen des EU-Projekts EXIOPOL, dass die externen Kosten von Treibhausgasen und weiterer Luftschadstoffe im Jahr 2000 weltweit 2,35 Bio. US-Dollar betrugen und damit rund 7% des weltweiten BIP entsprachen (JRC-IPTS et al. 2011: 4).

Aus theoretischer Sicht ist die Lösung des Problems simpel: die Internalisierung der externen Kosten. Dies würde dazu führen, dass der Preis die gesamten gesellschaftlichen Kosten enthält und damit die richtigen Signale sendet (siehe Kapitel 4.5). Warum bestehen dann aber weiterhin Internalisierungslücken? Ein oft angeführtes Hindernis stellt die Frage der sozialen Verträglichkeit dar (siehe Kapitel 3.3.2.4).<sup>3</sup> Die Kritik lautet, dass eine Internalisierung arme Haushalte überproportional stark belasten würde. Sie wäre also mit regressiven Verteilungswirkungen verbunden und deswegen aus Gerechtigkeitsgründen abzulehnen. Aus theoretischer, politikwissenschaftlicher Sicht könnte man gegen diese Kritik einwenden, dass Umwelt- und Sozialpolitik getrennt voneinander betrachtet werden sollten. Die Umweltpolitik habe demnach durch die Internalisierung der externen Kosten für aus ökologischer Sicht „wahre“ Preise und damit effiziente Ausgangsbedingungen zu sorgen, die Sozialpolitik solle anschließend mit gezielten zusätzlichen Maßnahmen die Sozialverträglichkeit sicherstellen.<sup>4</sup> Aus rein theoretischer Sicht mag diese Trennung als Gegenargument bereits genügen, in der Realität reicht sie allerdings möglicherweise nicht aus, da die Umsetzungschancen einer Maßnahme oft maßgeblich von deren gesellschaftlicher Akzeptanz abhängen. Und ein entscheidender Punkt für den Grad der gesellschaftlichen Akzeptanz ist wiederum die Frage der Verteilungswirkungen (siehe Kapitel 5.3).

Dass die Frage der sozialen Gerechtigkeit in Deutschland momentan hoch aktuell ist – und damit auch potenziell hohe Relevanz bezüglich der Umsetzungschancen von Internalisierungsmaßnahmen hat –, zeigt beispielsweise das von Marcel Fratzscher (2016), Präsident des DIW Berlin, verfasste Buch „Verteilungskampf“. Demnach ist Deutschland „heute eines der ungleichsten Länder in der industrialisierten Welt“ (Fratzscher 2016: 9) und „[d]ie Ungleichheit hat in Deutschland bereits heute ein Maß angenommen, das gesellschaftlichen und finanziellen Schaden anrichtet“ (Fratzscher 2016: 21). Und auch in der Bevölkerung selbst wird das Thema äußerst kritisch gesehen: So ergaben Umfragen von infratest dimap, dass in den Jahren 2016 und 2017 ungefähr die Hälfte der Deutschen der Meinung war, dass

<sup>3</sup> Auf zwei weitere Hindernisse, die Beeinträchtigung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und die Frage der Unsicherheiten bei der Berechnung der externen Kosten, wird in Kapitel 3.3.2.2 und 3.3.2.3 eingegangen.

<sup>4</sup> Das entspräche auch der nach dem ersten Wirtschaftsnobelpreisträger benannten Tinbergen-Regel, nach der jedes wirtschaftspolitische Ziel mindestens ein linear unabhängiges Instrument benötigt (Tinbergen 1952).

es in Deutschland ungerecht zugehe (infratest dimap 2017: 15).<sup>5</sup> Dass insbesondere auch Instrumente der Umweltpolitik bezüglich ihrer Sozialverträglichkeit kritisch bewertet werden, belegen die Diskussionen um die Ökosteuer-Reform (vgl. CDU und CSU 2002; FDP 2002; Bach 2009) und um die Energiewende (vgl. Neuhoﬀ et al. 2012; Löschel et al. 2012; Heindl et al. 2014; Diekmann et al. 2016; Sievers und Pfaff 2016). Unter anderem damit könnte sich möglicherweise erklären lassen, warum der zunächst im Rahmen der Ökosteuer-Reform von 5,1% (1998) auf 6,5% (2003) angestiegene Anteil der Umweltsteuern am gesamten Steueraufkommen inzwischen wieder auf 4,3% (2017) gesunken ist und man sich damit vom Grundsatz „tax bads, not goods“ wieder entfernt hat (Mahler et al. 2017: 6).

Die Internalisierung der externen Kosten könnte einen wichtigen Baustein auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Konsumweise in Deutschland darstellen. Konkret ausgedrückt, könnte sie beispielsweise einen maßgeblichen Beitrag zur Erreichung der im Klimaschutzplan 2050 festgelegten Klimaschutzziele der Bundesregierung leisten. Im politischen Entscheidungsprozess über die Umsetzung einer Internalisierung der externen Kosten könnte sich jedoch – wie in den Abschnitten zuvor ausgeführt – die Frage der sozialen Verträglichkeit als entscheidendes Kriterium erweisen.<sup>6</sup> Das Ziel und zentrale erkenntnisleitende Forschungsinteresse der vorliegenden, sich an der Schnittstelle von Umwelt- und Sozialpolitik befindenden Arbeit ist deswegen die möglichst umfassende Berechnung und Analyse der sozialen Verteilungswirkungen einer Internalisierung der externen Kosten.<sup>7</sup> Um dem Problem der Beeinträchtigung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit aus dem Weg zu gehen, wird dieser Frage aus der konsumzentrierten Sichtweise der privaten Haushalte nachgegangen (siehe Kapitel 3.3.2.2). Die sozialen Verteilungswirkungen werden dabei sowohl aus der Bruttoperspektive – also bei alleiniger Betrachtung der durch die Internalisierung ausgelösten finanziellen Belastungswirkungen –, als auch aus der Nettoperspektive – also bei zusätzlicher Berücksichtigung der Verwendung der Internalisierungseinnahmen – untersucht. Als Instrument der Einnahmenverwendung wird der sogenannte „Ökobonus“ eingesetzt, bei dem die Internalisierungseinnahmen in Form eines pauschalen Betrags direkt an die Bevölkerung rückverteilt werden. Natürlich sind auch andere Einnahmenverwendungen denkbar (siehe Kapitel 5.3), der Ökobonus bietet jedoch durch seine Einfachheit und direkte Verknüpfung von Einnahmen und Ausgaben ein besonders großes Potenzial bezüglich der Erhöhung der gesellschaftlichen Akzeptanz für Internalisierungsmaßnahmen. Zudem zeigen verschiedene Studien (vgl. Smith 1993; Iten et al. 1999; Loske 2013; Ekardt 2010; Iten und Beck 2003; Iten und Beck 2003; Büchs et al. 2011; Loske

---

<sup>5</sup> Frage: „Finden Sie, dass es in Deutschland alles in allem eher gerecht oder eher ungerecht zugeht?“; Antwort „eher ungerecht“: Februar 2016 = 50%, März 2017 = 44% (infratest dimap 2017: 15).

<sup>6</sup> Über die Frage der gesellschaftlichen Akzeptanz hinaus, kann man der Frage der sozialen Verträglichkeit beziehungsweise der damit zusammenhängenden Frage einer Verringerung der Ungleichheit natürlich auch einen eigenen Wert zumessen. Darauf wird in Kapitel 3.4 näher eingegangen.

<sup>7</sup> Zwar liegen bezüglich der sozialen Verteilungswirkungen von Internalisierungen in Deutschland bereits einige Analysen vor (siehe Kapitel 5.2 und 5.4), diese betreffen jedoch meistens nur Teilbereiche oder nehmen nur die Bruttoperspektive ein.

2013; Müller und Spillmann 2015), dass der Ökobonus einer regressiven Belastungswirkung der Internalisierung effektiv entgegenwirkt (siehe Kapitel 5.3 und 5.5).

Für die vorliegende Arbeit wurden keine eigenen Erhebungen durchgeführt. Stattdessen wird versucht, die Forschungsfragen mittels der Kombination bereits vorhandener Datenquellen zu beantworten. Der Untersuchungsbereich musste deswegen jedoch auf die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität eingeschränkt werden, da für andere Konsumfelder keine Daten in ausreichender Qualität vorhanden waren. Im Mobilitätsbereich beschränkt sich der Untersuchungsbereich ab dem Schritt der Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung (Schritt 8) außerdem auf die Verkehrsmittel des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des Flugzeugs, da beim öffentlichen Personenverkehr (ÖPV) zum einen die Datenlage problematisch war und zum anderen die Auswertungen sehr komplex und – auf Grund des relativ geringen Anteils des ÖPV an den negativen Umweltwirkungen des Mobilitätsbereichs – mit nur geringem Mehrwert verbunden gewesen wären (siehe Kapitel 9.8.1). Den Ausgangspunkt – und insofern die wichtigste Datenquelle – stellt die Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) dar, deren Scientific-Use-Files (SUF) der Jahre 2008 (FDZ 2010) und 2013 (FDZ 2016) ausgewertet wurden. Die Wahl der EVS als Ausgangspunkt kann dabei in gewisser Weise als „Experiment“ verstanden werden, da die Daten für die in dieser Arbeit untersuchten Bereiche nur in Form von Ausgaben vorliegen und deswegen erst einmal in Energieverbräuche umgerechnet werden müssen.<sup>8</sup> Die Tatsache, dass es sich bei der EVS um die größte Haushaltsbefragung in ganz Europa handelt (Statistisches Bundesamt 2016b: 4), verleiht der EVS jedoch ein großes Analysepotenzial; insbesondere wenn es darum geht, Auswertungen nicht allein für den Durchschnitt, sondern aufgeteilt nach Haushaltsmerkmalen – wie in der vorliegenden Arbeit nach dem Einkommen – vorzunehmen.

Auf dem Weg zur Beantwortung der zentralen Forschungsfrage sind einige Zwischenschritte notwendig (siehe Kapitel 6). Diese bieten wiederum selbst interessante Erkenntnisse, zum Beispiel in Bezug auf die Frage, wie sich die Energieverbräuche differenziert nach dem Einkommen unterscheiden, wie sich die externen Kosten von 2008 bis 2013 entwickelt haben oder wie hoch die energieträgerspezifischen Internalisierungslücken in Deutschlands sind. Um dem gerecht zu werden, werden in der vorliegenden Arbeit neben der zentralen auch vier untergeordnete Forschungsfragen formuliert (siehe Kapitel 3.5). Letztlich dienen aber alle untergeordneten Forschungsfragen dem Ziel der Beantwortung der zentralen Forschungsfrage: Welche sozialen Verteilungswirkungen hätte die Internalisierung der externen Kosten des Konsums in Deutschland?

---

<sup>8</sup> Diese Verwendung der EVS zur Berechnung von Energieverbräuchen wurde nach Wissens des Autors in dieser Form noch in keiner anderen Studie durchgeführt.



## 2 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit lässt sich in fünf Teile gliedern. Der erste Teil umfasst die Kapitel 3 bis 5 und befasst sich mit den Hintergründen dieser Arbeit: In Kapitel 3 werden zunächst die Problemstellung spezifiziert und darauf aufbauend die Forschungsfragen entwickelt. In Kapitel 4 wird der wirtschaftstheoretische Hintergrund und in Kapitel 5 der Forschungsstand vorgestellt.

Der zweite Teil besteht aus der Darstellung der Methodik und besteht allein aus Kapitel 6. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass teilweise auch erst in den nachfolgenden Kapiteln das jeweilige methodische Vorgehen genau erläutert wird. Dies ließ sich aufgrund der Komplexität beziehungsweise des Umfangs der Berechnungen nicht vermeiden.

Der dritte Teil umfasst die Ergebnisdarstellung und reicht von Kapitel 7 bis 11. In den Kapiteln 7 bis 9 werden die Ergebnisse aufgeteilt in die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität bis einschließlich des Berechnungsschritts der Internalisierungslücke für die Jahre 2008 und 2013 vorgestellt.<sup>9</sup> Die bereichsspezifische Aufteilung erschien sinnvoll, da die Berechnungen bis zu diesem Schritt methodisch zum Teil recht deutlich voneinander abweichen. In Kapitel 10 werden die Zwischenergebnisse der einzelnen Bereiche für das Jahr 2013 zusammengeführt. Damit sollen zum einen die weiteren Berechnungsschritte vorbereitet werden, zum anderen werden die bis dahin vorliegenden Ergebnisse zusammengefasst und in Relation zueinander betrachtet. In Kapitel 11 werden schließlich die Ergebnisse der weiteren Berechnungsschritte bezüglich der Auswirkungen der Internalisierung der externen Kosten bereichsübergreifend vorgenommen und dargestellt. In den Kapiteln 11.5 und 11.6 werden dabei die Berechnungsergebnisse zu der zentralen Forschungsfrage der sozialen Verteilungswirkungen präsentiert. Mit rund 200 Seiten nimmt der dritte Teil einen großen dieser Arbeit ein, die ausführliche Ergebnisdarstellung der einzelnen Schritte wurde aus zwei Gründen gewählt: Erstens wird damit die Nachvollziehbarkeit der Berechnung gestärkt und zweitens stellen auch diese Zwischenergebnisse teilweise bereits interessante Ergebnisse an sich dar.

Der vierte Teil besteht aus der Auseinandersetzung mit den berechneten Ergebnissen und umfasst die Kapitel 12 bis 14. Dazu werden in Kapitel 12 zunächst Szenariorechnungen bezüglich der THG-Kostensätze und Preiselastizitäten präsentiert. In Kapitel 13 werden die Ergebnisse dieser Arbeit mit den Ergebnissen anderer Studien zur Plausibilitätsprüfung verglichen. In Kapitel 14 folgt eine ausführliche Diskussion und Analyse der Ergebnisse, die sich kritisch mit der Genauigkeit der Berechnungen, der

---

<sup>9</sup> Die Einschränkung des Untersuchungsbereichs auf die Bereiche Strom, Wärme und Mobilität wird in Kapitel 6.4 erläutert.

Umsetzbarkeit und dem Stellenwert der Internalisierung auseinandersetzt. Zudem werden erste Überlegungen bezüglich der konkreten Umsetzung der Internalisierung angestellt.

Der fünfte und die Arbeit beschließende Teil besteht aus den Kapiteln 15 und 16 und enthält eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse. In Kapitel 15 werden die zentralen Forschungsfragen einschließlich deren kritischer Einordnung und Diskussion aufgeführt. Die Ergebnisse zu den untergeordneten Forschungsfragen werden in tabellarischen Übersichten präsentiert. In Kapitel 16 werden ausgehend von einer komprimierten Zusammenfassung ein abschließendes Fazit zur Arbeit gegeben sowie ein kurzer Ausblick gewagt.

### 3 Problemstellung und Forschungsfragen

#### 3.1 Überblick

Zur Darlegung der Problemstellung wird zunächst aus der historischen Perspektive die weltweite Produktions- und Konsumententwicklung seit der industriellen Revolution Mitte des 18. Jahrhunderts dargestellt, um darauf gestützt die These zu entwickeln, dass die Menschheit inzwischen einer der wichtigsten Einflussfaktoren auf die biologischen, geologischen und atmosphärischen Prozesse der Erde geworden ist und man deswegen seit Mitte des 20. Jahrhundert vom Zeitalter des Anthropozäns sprechen kann. Gestützt auf die Konzepte der „planetary boundaries“ und des „Ecological Footprint“ wird anschließend gezeigt, dass das gestiegene Konsumniveau inzwischen dazu geführt hat, dass mindestens einige unserer Erdsysteme übernutzt sind, was bereits heute – aber vor allem auch in Zukunft – zu schwerwiegenden negativen Folgen für die Menschheit führt beziehungsweise führen könnte. Danach wird auf die Rolle des Preises eingegangen und damit die Verbindung zu den externen Kosten hergestellt, die als ein Grund für die Übernutzung der Erdsysteme identifiziert werden. Es wird anschließend auf die Frage eingegangen, warum die externen Kosten bislang noch nicht internalisiert sind. Dabei wird die Frage der sozialen Verträglichkeit als schwerwiegendes Hindernis identifiziert. Nach einer Darstellung der Problematik der sozialen Verträglichkeit und einer Beschreibung der Situation in Deutschland werden schließlich die Forschungsfragen der Arbeit formuliert.

#### 3.2 Problemhintergrund: Die negativen Umweltwirkungen des Konsums

##### 3.2.1 Die Entwicklung der weltweiten Produktion

Die weltweite Produktion und der private Konsum haben in den letzten Jahrzehnten – im Grunde beginnend mit der industriellen Revolution, aber verstärkte Fahrt aufnehmend seit dem Ende des 2. Weltkrieges – massiv zugenommen. Das zeigt sich beispielsweise, wenn man die Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) betrachtet: Das weltweite BIP stieg von 1750 bis 2010 preisbereinigt um das 142-fache von 0,35 Bio. US-Dollar im Jahr 1750 auf 50,2 Bio. US-Dollar im Jahr 2010 an (Steffen et al. 2015b). Wechselseitig ermöglicht und ausgelöst durch das BIP-Wachstum verneunfachte sich im gleichen Zeitraum die Bevölkerung von 0,7 Mrd. Menschen auf 6,9 Mrd. Menschen (Steffen et al. 2015b). In der Pro-Kopf-Betrachtung verringert sich die BIP-Erhöhung deswegen deutlich: Mit 7.300 US-Dollar/Kopf liegt das Pro-Kopf-BIP im Jahr 2010 jedoch immer noch etwa 14-mal höher als im Jahr 1750, in dem es schätzungsweise 500 US-Dollar/Kopf betrug. Nun müssen solche langfristigen Vergleiche aufgrund von Datenproblemen immer mit Vorsicht betrachtet werden, aber auch der Vergleich mit dem Jahr 1950 zeigt einen enormen Anstieg: So verneunfachte sich von 1950 bis 2010 das preisbereinigte globale BIP von 5,5 Bio. US-Dollar auf 50,2 Bio. US-Dollar, die Bevölkerung stieg auf mehr als das Dreifache: von

2,5 Mrd. Menschen auf 6,9 Mrd. Menschen. In der Pro-Kopf-Betrachtung stieg das BIP von 2.200 US-Dollar im Jahr 1950 auf die bereits erwähnten 7.300 US-Dollar im Jahr 2010, lag also im Jahr 2010 etwa 3,3-mal höher als im Jahr 1950.<sup>10</sup>

Dieses enorme Produktionswachstum ermöglichte vielen Menschen ein nie zuvor gekanntes Konsum- und Wohlstandsniveau. Die positiven Effekte dieses höheren Wohlstandsniveaus werden beispielsweise bei der Entwicklung der Lebenserwartung sichtbar: So hat sich laut den Vereinten Nationen (UN) die weltweite durchschnittliche Lebenserwartung (bei der Geburt) von 1960 bis 2014 um etwa 19 Jahre von 52,5 Jahren auf 71,5 Jahre erhöht (The World Bank 2017). Dabei konnte in den letzten Jahrzehnten erfreulicherweise auch die Lebenserwartung in den sogenannten „Least developed countries“ (LDC) stark erhöht werden, nämlich von 40,2 Jahren im Jahr 1960 auf 63,2 Jahre im Jahr 2014. Allerdings liegt die Lebenserwartung in den LDC damit immer noch deutlich unter dem Niveau der wohlhabenden Länder. In der Europäischen Union betrug diese im Jahr 2014 beispielsweise durchschnittlich 80,7 Jahre, in Deutschland lag sie mit 80,8 Jahren noch etwas höher (The World Bank 2017). Diese soziale Ungleichheit zeigt sich auch bei der Betrachtung des Pro-Kopf-BIP: Während dieses in den OECD-Ländern im Jahr 2010 durchschnittlich bei 29.900 US-Dollar/Kopf lag, betrug es in den BRICS-Staaten nur 2.700 US-Dollar/Kopf und in der restlichen Welt sogar nur 1.900 US-Dollar/Kopf.<sup>11</sup>

Das weltweit gestiegene Produktions- und Konsumniveau hat also – wenn auch sehr ungleich verteilt – zu einer deutlichen Verbesserung der Lebensbedingungen vieler Menschen geführt. Allerdings ging und geht dieses Wachstum mit einem enormen Ressourcen hunger einher. Das stellen beispielsweise Krausmann et al. (2009: 2669) fest: Laut ihren Berechnungen ist der Ressourcenverbrauch (DMC= domestic material consumption) von 7.117 Mio. Tonnen (t) im Jahr 1900 auf 59.474 Mio. t im Jahr 2005 angewachsen, hat sich also mehr als verachtfacht (siehe Schaubild 1).<sup>12</sup> Auffällig ist, dass der Anstieg des Ressourcenverbrauchs vor allem ab den 1950er Jahren deutlich anzieht. Während er sich von 1900 bis 1950 noch „nur“ von 7.117 auf 14.148 Mio. t verdoppelte, vervierfachte er sich von 1950 bis 2005 auf 59.474 Mio. t. Im Laufe der Jahre hat sich dabei auch die Zusammensetzung der verbrauchten Ressourcen deutlich verändert: Während im Jahr 1900 noch die Biomasse (biomass) mit 74% (5.272 Mio. t) für den mit Abstand größten Teil verantwortlich war, liegt deren Anteil im Jahr 1950 schon nur noch bei 58% (8.193 Mio. t) und im Jahr 2005 nur noch bei 32% (19.061 Mio. t). Den größten Anteil machen im Jahr 2005 mit 39% (22.931 Mio. t) nun Baumineralien (construction minerals) aus; im Jahr

---

<sup>10</sup> Die in diesem Abschnitt aufgeführten Daten zu BIP und Bevölkerung wurden alle auf Basis der Datensammlung Steffen et al. (2015b) (Excel-File) berechnet. Die dort zusammengestellten Daten beruhen beim BIP auf Maddison (1995) und USDA-ERS (2016), bei der Bevölkerung auf PBL (2013) und Klein Goldewijk et al. (2010).

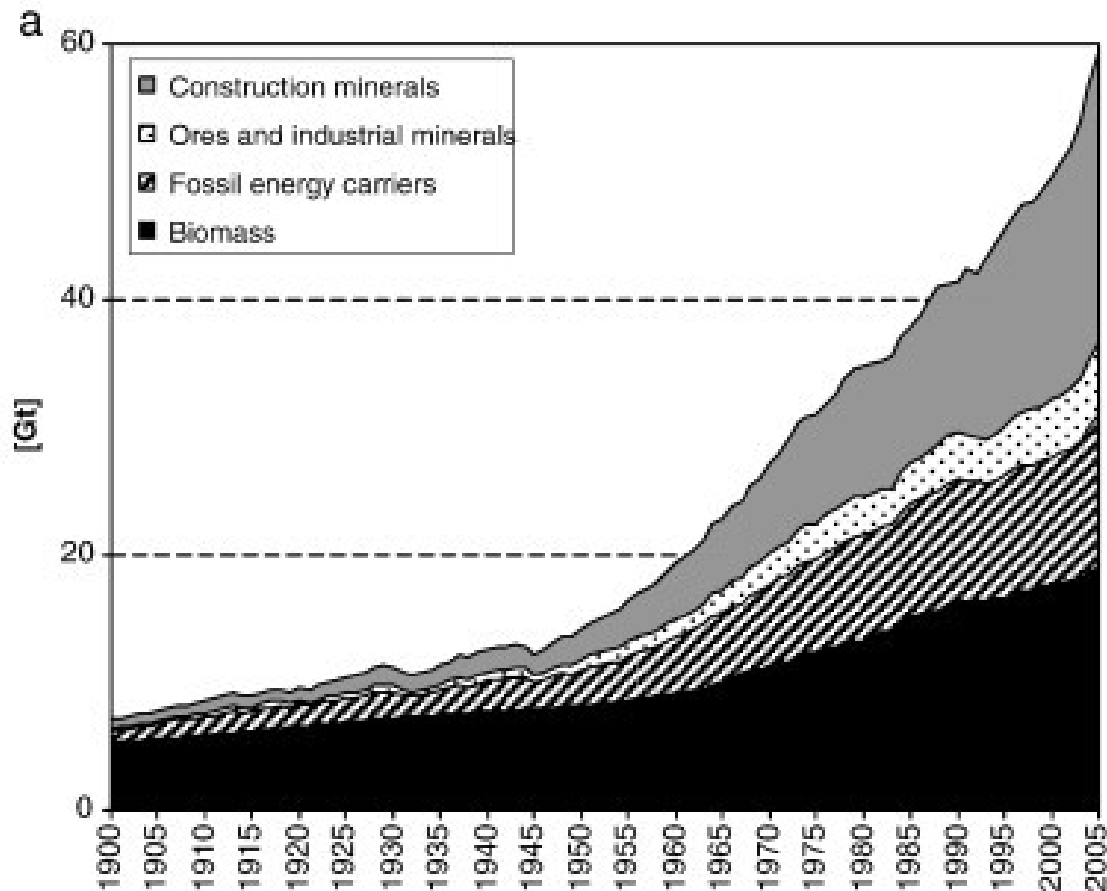
<sup>11</sup> BRICS-Staaten = Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika.

<sup>12</sup> Nicht enthalten sind in dieser Angabe die nichtverwendeten Materialien, also zum Beispiel der Abraum beim Braunkohletagebau.



1900 lag deren Anteil noch bei nur 9% (667 Mio. t) und im Jahr 1950 bei 17% (2.389 Mio. t). Als drittgrößte Position folgen die fossilen Energieträger (fossil energy carriers), deren Anteil von 14% (968 Mio. t) im Jahr 1900 auf 19% (2.754 Mio. t) im Jahr 1950 und 20% (11.846 Mio. t) im Jahr 2005 anstieg.

**Schaubild 1: Entwicklung des weltweiten Materialverbrauchs**



Quelle: Krausmann et al. 2009: 2669

### 3.2.2 Die „Great Acceleration“ und das Anthropozän

Neben dem Ressourcenverbrauch lässt sich die Steigerung der Produktion und des Konsums noch an zahlreichen weiteren Indikatoren veranschaulichen. Eine Übersicht solcher Indikatoren haben Steffen et al. (2015a: 82) unter dem Stichwort „Great Acceleration“ zusammengetragen. Ziel des Projekts war es „to record the trajectory of the ‘human enterprise’ through a number of indicators and, over the same time frame, track the trajectory of key indicators of the structure and functioning of the Earth System“. Dazu wurden insgesamt 24 Indikatoren ausgewählt, die aus zwei Gruppen bestehen: zwölf Indikatoren sollen das menschliche Handeln (human enterprise) abbilden und zwölf Indikatoren den Zustand und das Funktionieren des Erdsystems (Earth's system).

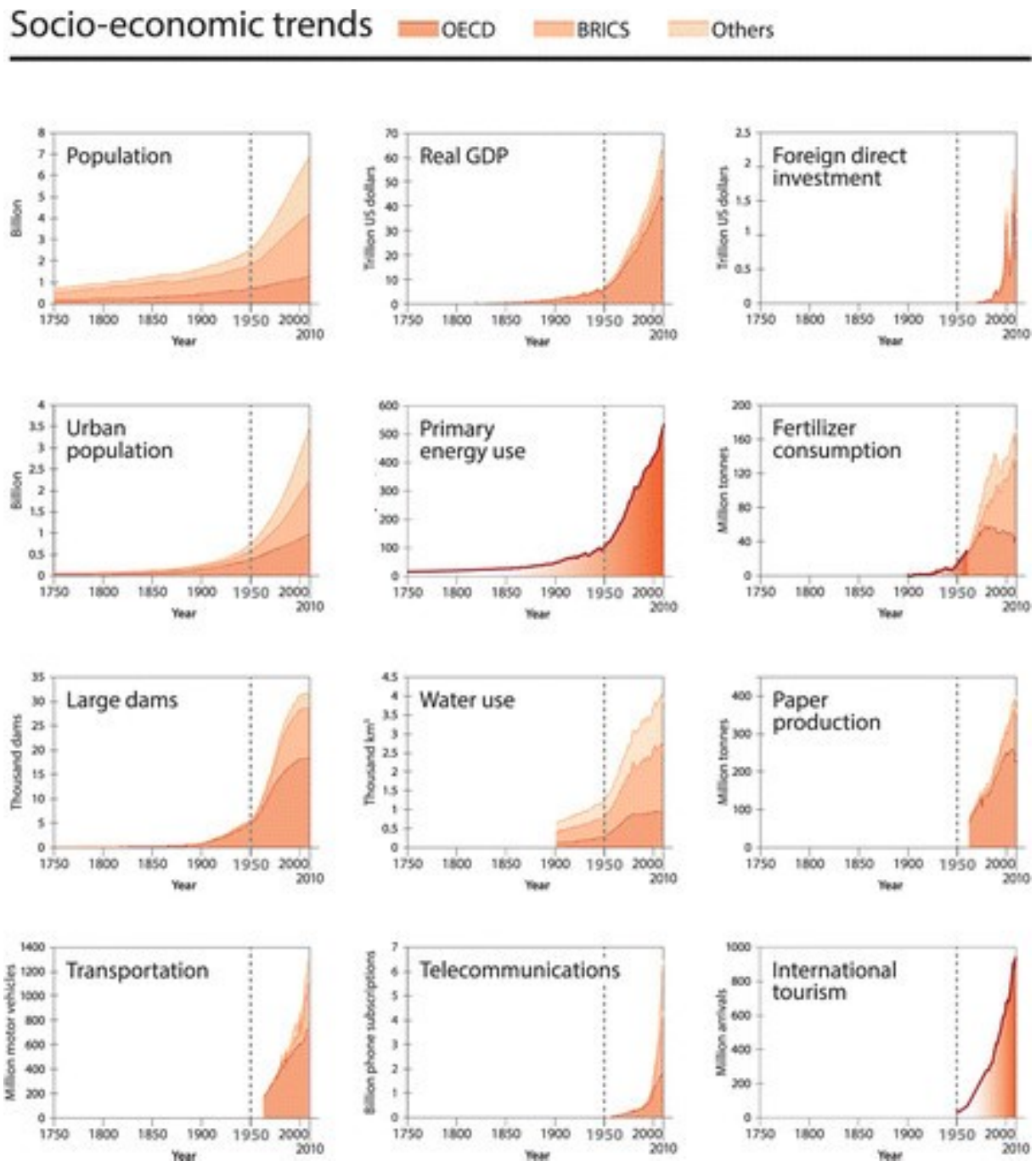
In Schaubild 2 sind die Entwicklungen der zwölf, das menschliche Handeln abbildenden sozio-ökonomischen Indikatoren dargestellt. Auf die Entwicklungen von BIP und Bevölkerung wurde in Kapitel 3.2.1

bereits eingegangen. Zur Veranschaulichung des Ausmaßes der Steigerung wird im Folgenden kurz auf die Entwicklung von fünf weiteren Indikatoren eingegangen:

- Der Primärenergieverbrauch (primary energy use) ist von 1750 bis 2008 von 16 Exajoule auf 533 Exajoule gestiegen und hat sich damit auf das 33-fache erhöht. Im Vergleich zum Jahr 1950, in dem der Primärenergieverbrauch 112 Exajoule betrug, hat sich der Energieverbrauch etwa verfünffacht.
- Der Wasserverbrauch (water use) hat sich von 1901 bis 2010 etwa versechsfacht von 671 km<sup>3</sup> auf 3.871 km<sup>3</sup>. Von 1950 bis 2010 hat sich der Wasserverbrauch etwa verdreifacht.
- Der Düngemittelverbrauch (fertilizer consumption) lag im Jahr 2010 mit 171 Mio. t ungefähr 200-mal höher als im Jahr 1900 (0,85 Mio. t). Im Vergleich zum Jahr 1950 stieg er um 157 Mio. t auf den 11-fachen Wert an.
- Die Anzahl der neu zugelassenen Kraftfahrzeuge (transportation) stieg von 177 Mio. Fahrzeugen im Jahr 1963 auf 1.281 Mio. Fahrzeuge im Jahr 2009 an. Das entspricht einer Steigerung auf das 7-fache.
- Die Zahl der Festnetzanschlüsse und Mobifunkverträge (telecommunications) stieg von 0,0007 Mrd. Anschlüssen und Verträgen im Jahr 1950 auf 6,5 Mrd. im Jahr 2010 an. Damit hat sich die Anzahl etwa um das 9.000-fache erhöht. Allein vom Jahr 2000 bis 2010 hat sich die Anzahl um 4,8 Mrd. Anschlüsse und Verträge erhöht und sich damit etwa verfünffacht.

Aus der Gesamtschau der zwölf Indikatoren zum „menschlichen Handeln“ und unter dem Einschluss weiterer Quellen stellen Steffen et al. (2015a: 88) schließlich fest, dass in den 1950er Jahren eine „Great Acceleration“ (große Beschleunigung) des menschlichen Handelns eingesetzt habe und diese bis heute andauere.

Schaubild 2: Entwicklung von zwölf Indikatoren des menschlichen Handelns im Zeitraum 1750-2010



Quelle: Steffen et al. 2015a: Kombination von Figure 1 und 2

Die zwölf Indikatoren, mit denen das „Great-Acceleration“-Projekt zu messen versucht, welche Auswirkungen das menschliche Handeln auf unser „Erdsystem“ (earth system) hatte, sind in Schaubild 3 dargestellt. Zur Vermittlung eines Eindrucks der Auswirkungen wird hier auf fünf dieser Indikatoren etwas näher eingegangen:

- Die Konzentration von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre (carbon dioxide) hat sich von einem Wert von 277 parts per million (ppm) im Jahr 1900 um 116 ppm auf 393 ppm im Jahr 2013 erhöht. Der größte Teil der Erhöhung fand mit 82 ppm seit dem Jahr 1950 statt.

- Die globale Oberflächentemperatur (surface temperature) hat sich von 1850 bis 2013 um 0,77 °C erhöht. Verglichen mit dem als Basis gewählten Jahr 1943 lag die globale Oberflächentemperatur im Jahr 2013 um 0,47 °C höher.
- Die als Maßstab für die Ozeanversauerung (ocean acidification) verwendete Zahl der Wasserstoffionen erhöhte sich bis 2010 von einem Wert von 6,52 nmol Wasserstoffionen/kg Wasser im Jahr 1850 auf 8,21 nmol Wasserstoffionen/kg Wasser im Jahr 2010. Auch hier fand der hauptsächlichste Anstieg mit 1,24 nmol Wasserstoffionen/kg Wasser seit dem Jahr 1950 statt.
- Der Anteil des Regenwalds, der seit dem Jahr 1700 abgeholzt wurde (tropical forest loss), lag im Jahr 2011 bei 27,7%. Seit dem Jahr 1950, in dem der Verlust noch bei 16,2% lag, gingen damit 11,5% des tropischen Regenwalds verloren.
- Der Anteil der landwirtschaftlichen Fläche an der gesamten Landfläche der Erde stieg von 8% im Jahr 1750 auf 38% im Jahr 2011 an. Anders als bei den meisten anderen Indikatoren fand der Anstieg hier hauptsächlich vor dem Jahr 1950 statt. Von 1950 bis 2011 stieg der Anteil nur noch um 7%. Die enormen Steigerungen der landwirtschaftlichen Erträge in dieser Zeit wurden also zum Großteil durch höhere Produktivitäten erreicht, die wiederum auf einem höheren Einsatz von Düngern beruhen. Der Einsatz ist – wie der sozio-ökonomische Indikator „Düngemittelverbrauch“ (fertilizer consumption) gezeigt hat – seit 1950 um das 11-fache angestiegen.

Bezüglich des Zusammenhangs der Entwicklungen der zwölf Indikatoren des menschlichen Handelns und der zwölf Indikatoren des Erdsystems stellen Steffen et al. (2015a: 92) fest, dass „the coupling between the two sets of 12 graphs [is] striking“ sei. Weiter führen sie aus, dass diese Korrelation natürlich noch keinen Ursache-Wirkung-Zusammenhang sicherstelle, dass es aber einen großen Bestand an Beweisen für einen solchen Zusammenhang gäbe (Steffen et al. 2015a: 92). Auf Basis dieser Überlegungen empfehlen sie schließlich, den Begriff des „Anthropozäns“ für die Zeit ab Beginn der „Great Acceleration“ zu verwenden, also ab der Mitte des 20. Jahrhunderts.

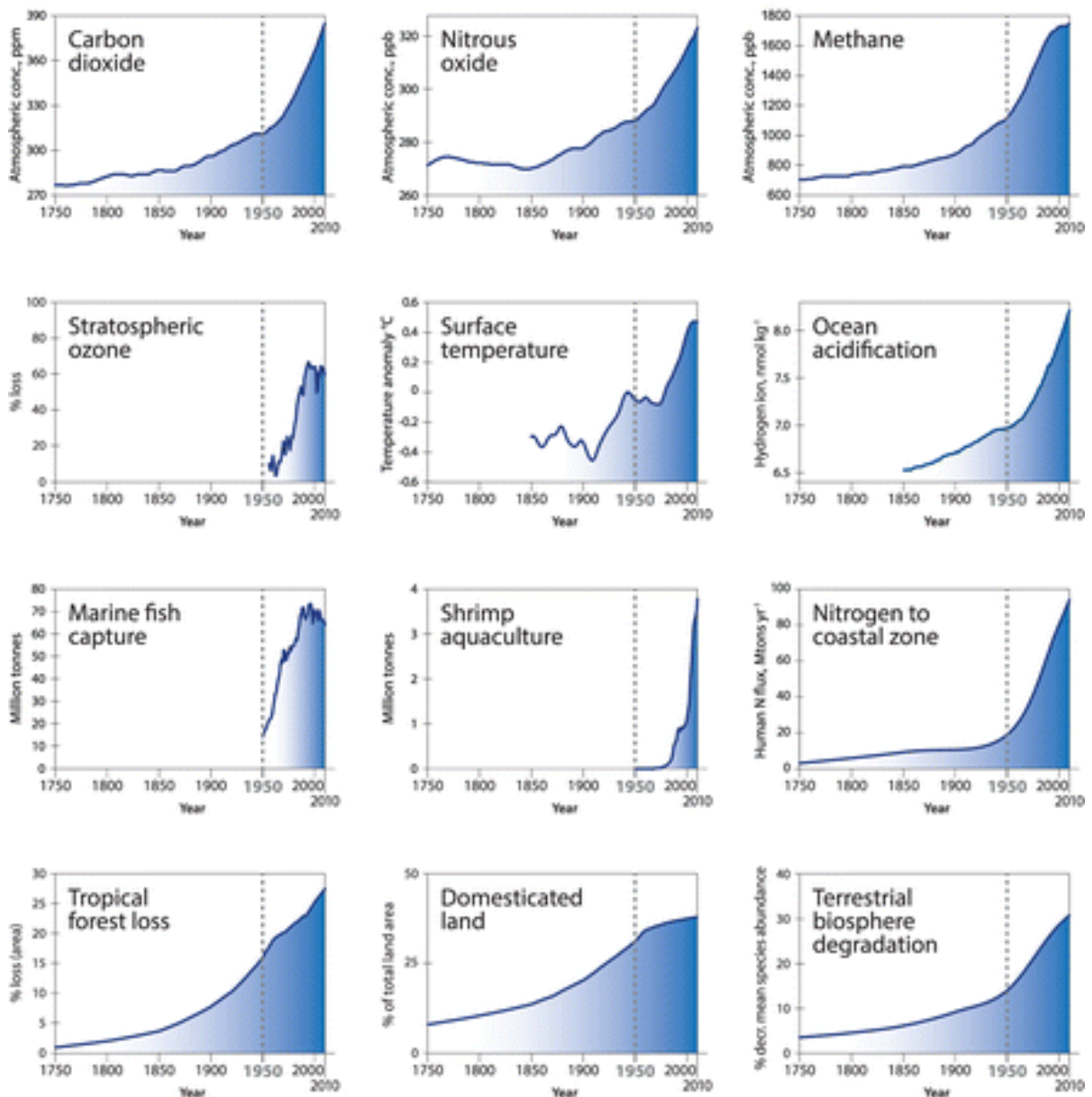
„Of all the candidates for a start date for the Anthropocene, the beginning of the Great Acceleration is by far the most convincing from an Earth System science perspective. It is only beyond the mid-20th century that there is clear evidence for fundamental shifts in the state and functioning of the Earth System that are (1) beyond the range of variability of the Holocene, and (2) driven by human activities and not by natural variability.“ (Steffen et al. 2015a: 93)

Der Begriff des Anthropozäns steht dafür, dass der Mensch inzwischen zu einem der wichtigsten Einflussfaktoren auf die biologischen, geologischen und atmosphärischen Prozesse der Erde geworden ist. Damit einher geht auch die Möglichkeit, dass durch menschliches Handeln diese Prozesse so stark beeinflusst werden, dass sie aus dem Gleichgewicht geraten und deswegen nicht mehr in gewohnter

Weise funktionieren und damit auch nicht mehr die für den Menschen und andere Lebewesen (lebens)notwendigen Ökosystemdienstleistungen zur Verfügung zu stellen.

Schaubild 3: Entwicklung von zwölf Indikatoren zum Zustand des Erdsystems im Zeitraum 1750-2010

## Earth system trends



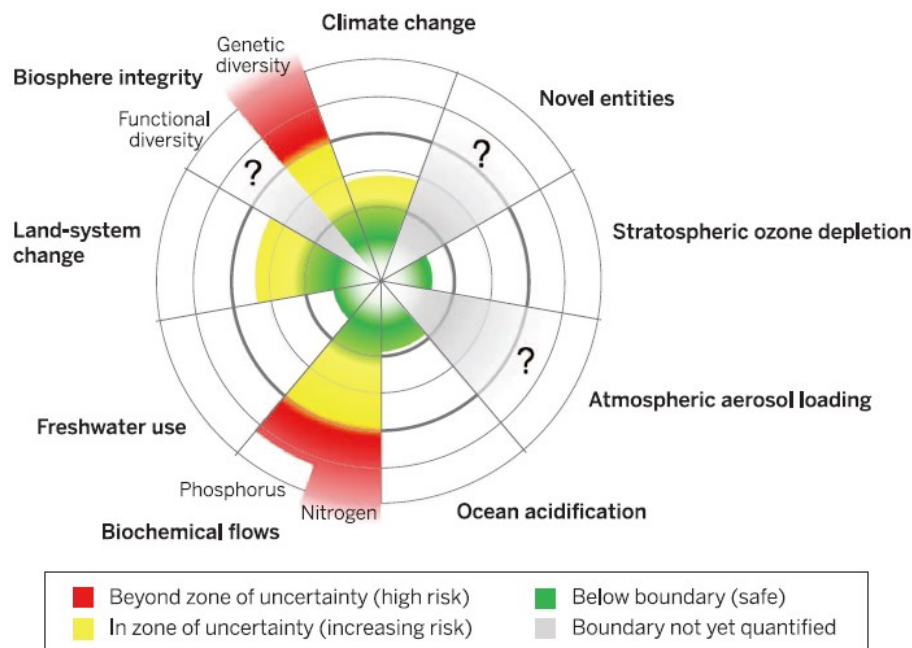
Quelle: Steffen et al. 2015a: Figure 3

### 3.2.3 Die „planetary boundaries“

In welchem Ausmaß das menschliche Handeln bereits heute das Erdsystem beeinträchtigt, versucht das Konzept der „planetary boundaries“ (planetare Belastungsgrenzen) für neun „earth-system processes“ (Erdsystemprozesse) zu erfassen und darzustellen (siehe Schaubild 4). Das Konzept wurde am

Stockholm Resilience Centre von einem Wissenschaftlerteam unter Leitung von Johan Rockström entwickelt und 2009 erstmals publiziert (Rockstrom et al. 2009). Die im Anschluss präsentierten methodischen Erläuterungen und Ergebnisse stammen aus der Aktualisierung aus dem Jahr 2015 (Steffen et al. 2015c).

**Schaubild 4: Status der Kontrollvariablen der planetaren Belastungsgrenzen**



Quelle: Steffen et al. 2015c: 1

Für jeden der neun betrachteten Erdsystemprozesse werden drei Zonen definiert:

- Zone 1 bildet den sogenannten „safe operating space“ (sicherer Handlungsraum, in Schaubild 4 grün). Ein Verbleiben innerhalb dieses sicheren Handlungsraums „would greatly reduce the risk that anthropogenic activities could inadvertently drive the Earth system to a much less hospitable state“ (Steffen et al. 2015c: 1).
- Die zweite Zone ist als „zone of uncertainty“ (Unsicherheitszone, in Schaubild 4 gelb) definiert, innerhalb der das Risiko deutlich zunimmt. „This zone encapsulates both gaps and weaknesses in the scientific knowledge base and intrinsic uncertainties in the functioning of the Earth system“ (Steffen et al. 2015c: 2). Am Übergang zwischen Zone 1 und Zone 2 – dem „safe end of the zone of uncertainty“ (Steffen et al. 2015c: 2) – liege dabei laut derzeitiger wissenschaftlicher Kenntnis noch eine sehr niedrige Wahrscheinlichkeit vor, dass ein kritischer Schwellenwert (critical threshold) überschritten oder die Resilienz des Erdsystems erheblich angegriffen sei. Das Risiko nimmt dann über Zone 2 immer weiter zu.
- Schließlich wird drittens eine Zone „beyond the zone of uncertainty“ (oberhalb der Unsicherheitszone, in Schaubild 4 rot) definiert. In dieser Zone beziehungsweise ab dem Übergang von Zone 2 zu

Zone 3 „current knowledge suggests a much higher probability of a change to the functioning of the Earth system that could potentially be devastating for human societies“ (Steffen et al. 2015c: 2).

Um festzustellen, in welcher Zone die Erdsystemprozesse sich befinden, werden aktuell 15 sogenannte „control variables“ (Kontrollvariablen) eingesetzt. Für diese Kontrollvariablen wird jeweils ein Grenzwert zwischen dem sicheren Handlungsraum (Zone 1) und der Unsicherheitszone (Zone 2) festgelegt. Diese Grenzwerte werden als planetare Belastungsgrenzen (planetary boundaries) bezeichnet. Außerdem wird der Umfang der Unsicherheitszone definiert, und damit implizit der Übergang zu Zone 3 (Steffen et al. 2015c: 4f).

Auf Basis dieser Kontrollvariablen und der dazugehörigen Grenzwerte ziehen Steffen et al. (2015c) den Schluss, dass zwei der betrachteten Erdsystemprozesse sich bereits oberhalb der Unsicherheitszone (siehe Schaubild 4) befinden. Beim Erdsystemprozess „Biosphere integrity“ (Biosphärenintegrität) wird dies für den Teilprozess „Genetic diversity“ (Genetische Vielfalt) über die Kontrollvariable „Extinction rate“ (Aussterberate) abgebildet. Die planetare Belastungsgrenze ist dabei auf 10 E/MSY (= extinctions per million species-years) und die Unsicherheitszone auf 100-1.000 E/MSY festgelegt. Der momentane Wert der Aussterberate wird auf 100-1.000 E/MSY geschätzt. Beim zweiten Erdsystemprozess oberhalb der Unsicherheitszone handelt es sich um die „Biochemical flows“ (biochemische Flüsse). Bei diesem liegen sowohl der Teilprozess „Phosphorus“ (Phosphor) als auch der Teilprozess „Nitrogen“ (Stickstoff) oberhalb der Unsicherheitszone.

Zwei weitere Erdsystemprozesse befinden sich oberhalb der planetarischen Belastungsgrenzen, jedoch noch innerhalb der Unsicherheitszone: „Climate change“ (Klimawandel) und „Land-system change“ (Landnutzungsänderung). Beim Klimawandel wird die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre als Kontrollvariable eingesetzt. Die Belastungsgrenze ist auf 350 ppm festgelegt, die Unsicherheitszone liegt zwischen 350 und 450 ppm. Im Jahr 2014 lag der Wert bei 398,5 ppm. Bei der Landnutzungsänderung wird der Anteil der Waldfläche an der ursprünglichen Waldfläche als Kontrollvariable eingesetzt. Als planetare Belastungsgrenze wird ein Wert von 75% angesetzt, die Unsicherheitszone liegt zwischen 75-54%. Steffen et al. (2015c) schätzen den Wert im Jahr 2014 auf 62%.

Drei der neun Erdsystemprozessen befinden sich momentan noch in der Zone des sicheren Handlungsraums: „Ocean acidification“ (Ozeanversauerung), „Freshwater use“ (Frischwassernutzung) und „Stratospheric ozone depletion“ (Abbau der Ozonschicht). Bei der Ozeanversauerung liegt der Wert der Kontrollvariable jedoch bereits relativ nahe an der planetaren Belastungsgrenze. Schließlich können bei zwei Erdsystemprozessen („Atmospheric aerosol loading“, „Novel entities“) in Ermangelung aussagekräftiger Daten noch keine verlässlichen Aussagen getroffen werden.

Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass nach den Ergebnissen von Steffen et al. (2015c) die planetaren Belastungsgrenzen in vier der sieben bislang bewertbaren Erdsystemprozesse bereits überschritten sind. Und in zwei davon liegen die Kontrollvariablen sogar bereits oberhalb der Unsicherheitszone und damit in einer Zone „that could potentially be devastating for human societies“ (Steffen et al. 2015c: 2).

### 3.2.4 Der „Ecological Footprint“

Ein weiteres Konzept, die die hier bislang über die planetaren Belastungsgrenzen dargestellte These einer Übernutzung der Erdsystemprozesse unterstützt, stellt der „Ecological Footprint“ (ökologischer Fußabdruck) dar. Entwickelt wurde das Konzept von Mathis Wackernagel in seiner Dissertationsschrift an der University of British Columbia, die im Jahr 1994 erschien (Wackernagel 1994). Inzwischen wurde die Methodik in einer Vielzahl von weiteren Studien auf der internationalen, nationalen und regionalen Ebene angewandt und weiterentwickelt.<sup>13</sup> Die aktuelle Methodik des ökologischen Fußabdrucks kann in den Publikationen von Borucke et al. (2013) und Lin et al. (2016) nachvollzogen werden. Die hier dargestellten Ergebnisse stammen aus der „Open Data Platform“ des Global Footprint Networks (Global Footprint Network 2017).

Beim Konzept des ökologischen Fußabdrucks werden zwei Größen berechnet (Borucke et al. 2013: 519):

- Der ökologische Fußabdruck gibt das Ausmaß der durch die Bevölkerung und deren Aktivitäten ausgelösten Auswirkungen auf die Biosphäre in einem Jahr wieder. Dabei werden für die Berechnungen des ökologischen Fußabdrucks die im jeweiligen Jahr vorherrschenden Technologien und daraus folgenden Ressourceneffizienzen verwendet.
- Die Biokapazität gibt das Ausmaß der biologisch produktiven Land- und Wasserfläche wieder, die für die Bereitstellung der vom Menschen genutzten Ökosystemdienstleistungen zur Verfügung stehen. Andere Begriffe dafür sind das ökologische Budget (ecological budget) oder die Regenerationskapazität der Natur (nature's regenerative capacity). Auch bei der Biokapazität werden die im jeweiligen Jahr vorherrschenden Technologien und daraus folgenden Ressourceneffizienzen bei den Berechnungen verwendet. Erhöhen sich durch technischen Fortschritt die Ressourceneffizienzen, sorgt dies also für eine Erhöhung der Biokapazität.

Die Berechnungsmethodik der beiden Größen ist in Schaubild 5 dargestellt. Dabei wird auf der Seite der Biokapazität zwischen fünf unterschiedlichen Landnutzungstypen (production areas) unterschieden. Die Flächen der Landnutzungstypen werden erst mit durchschnittlichen Ertragsfaktoren (yield factors) und anschließend mit Äquivalenzfaktoren (equivalence factors) multipliziert, um schließlich zu

---

<sup>13</sup> Für einen aktuellen Überblick über den ökologischen Fußabdruck sei auf den offiziellen Internetauftritt verwiesen: [www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org), Zugriff: 31.07.2017.



der einheitlichen Einheit „globale Hektar“ (gha) für alle Landnutzungstypen zu gelangen und diese dann aufaddieren zu können.

Den fünf Landnutzungstypen auf Seiten der Biokapazität stehen auf der Seite des ökologischen Fußabdrucks sechs Nachfragekategorien gegenüber. Die Ursache für diesen Unterschied liegt darin, „that two demand categories, forest products and carbon sequestration, compete for the same biocapacity category: forest land“ (Borucke et al. 2013: 521). Aus dem Anteil der jeweiligen Nachfragekategorien an den weltweiten Erträgen und der Multiplikation mit den Äquivalenzfaktoren wird schließlich der ökologische Fußabdruck in der Einheit gha für die sechs Nachfragekategorien berechnet. Aufsummiert ergeben die sechs Nachfragekategorien den gesamten ökologischen Fußabdruck.

**Schaubild 5: Übersicht der Berechnungsmethodik des ökologischen Fußabdrucks**

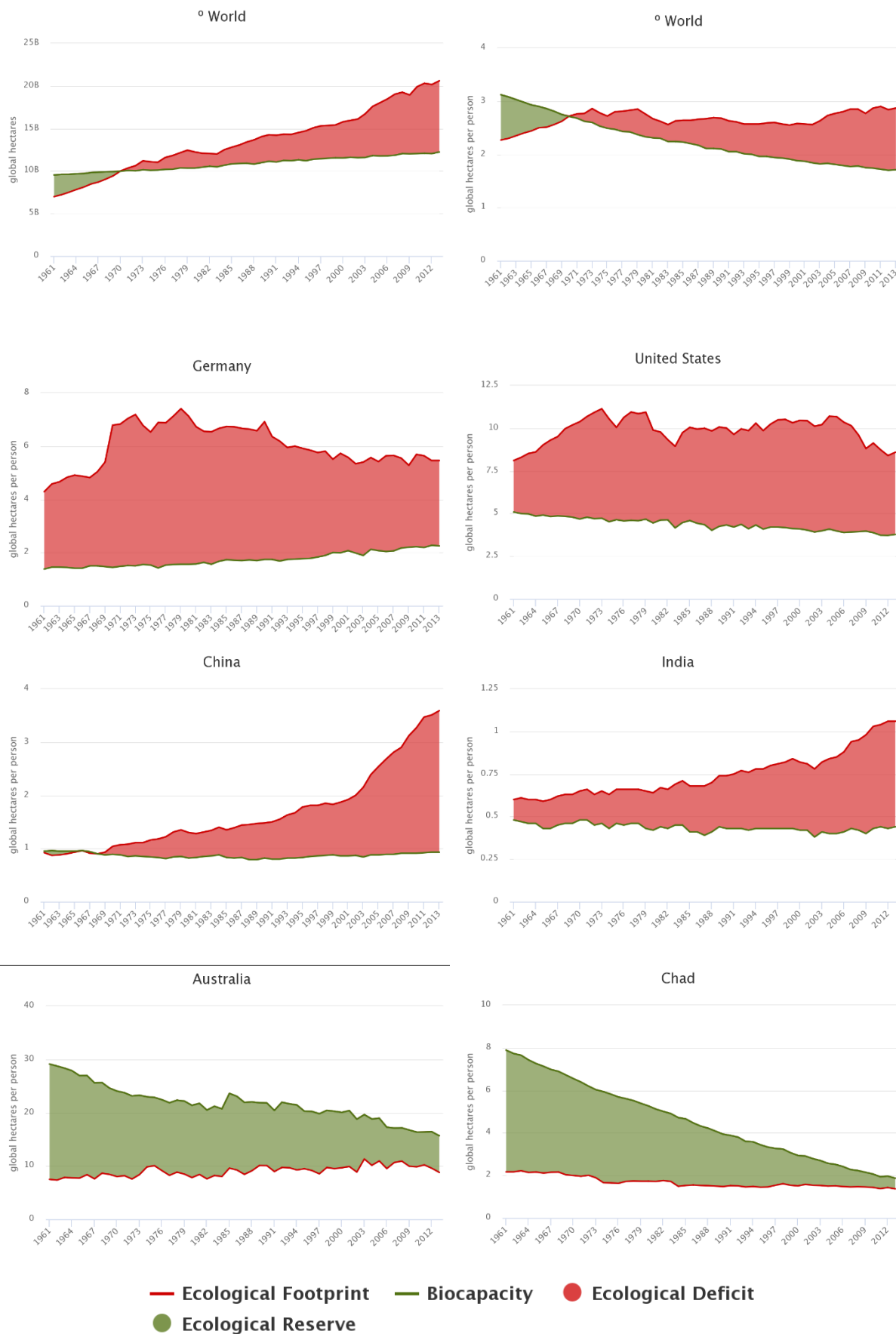


Quelle: Borucke et al. 2013: Fig. 1

Für die gesamte Erde und einige ausgewählte Staaten sind die Entwicklungen der Biokapazität und des ökologischen Fußabdrucks in Schaubild 6 für den Zeitraum 1961 bis 2013 dargestellt. Dabei ist die Entwicklung der gesamten Erde (World) zunächst insgesamt und dann Pro-Kopf dargestellt, die der Staaten dann nur noch Pro-Kopf. Wie in Schaubild 6 oben zu sehen ist, liegt der aggregierte weltweite ökologische Fußabdruck zunächst unterhalb der aggregierten Biokapazität. Sowohl der ökologische Fußabdruck als auch die Biokapazität – diese aufgrund der wegen des technologischen Fortschritts steigenden Ertragsfaktoren – steigen über den betrachteten Zeitraum insgesamt an. Da der weltweite ökologische Fußabdruck jedoch deutlich stärker wächst als die Biokapazität, übersteigt er diese ab dem Jahr 1970 und liegt im Jahr 2013 mit 20,6 Mrd. gha deutlich oberhalb der Biokapazität von 12,2 Mrd. gha. Damit beträgt der weltweite ökologische Fußabdruck im Jahr 2013 also rund das 1,7-fache der Biokapazität der Erde oder anders ausgedrückt: Zur dauerhaften Aufrechterhaltung der Produktion und des Konsums des Jahres 2013 würden – unter den Produktionsvoraussetzungen des Jahres 2013 – 1,7 Erden benötigt. In der Pro-Kopf-Sichtweise wandelt sich infolge des Bevölkerungswachstums die vorher leicht ansteigende Linie der Biokapazität in eine fallende: Während im Jahr 1961 noch jedem Erdenbürger rund 3,1 gha/Person zur Verfügung stehen, sind es im Jahr 2013 nur noch 1,7 gha/Person. Da das Bevölkerungswachstum auf der anderen Seite eine relativ betrachtet identisch abflachende Wirkung auf den Verlauf des ökologischen Fußabdrucks hat – er steigt von 2,27 gha/Person im Jahr 1961 auf 2,87 gha/Person im Jahr 2013 –, gleicht das Verhältnis zwischen ökologischem Fußabdruck und Biokapazität der Pro-Kopf-Perspektive dem der aggregierten Gesamtperspektive, liegt also bei 1,7.

Die in Schaubild 6 für ausgewählte Länder in der Pro-Kopf-Perspektive dargestellten Werte des ökologischen Fußabdrucks und der Biokapazität zeigen, wie unterschiedlich sowohl Ausmaß als auch Entwicklung dieser beiden Werte sein können. In Deutschland liegt der ökologische Fußabdruck stetig deutlich oberhalb der Biokapazität. Von 1961 bis 1979 ist dabei beim ökologischen Fußabdruck ein insgesamt steigender Trend von einem Wert von 4,3 gha/Person im Jahr 1961 auf den Maximalwert von 7,4 gha/Person festzustellen. Anschließend nimmt der ökologische Fußabdruck in der Tendenz bis 2002 wieder ab und beträgt in diesem Jahr 5,3 gha/Person. Danach ist bis zum Jahr 2013 – in dem der ökologische Fußabdruck 5,5 gha/Person beträgt – kein klarer Trend mehr erkennbar. Die Biokapazität Deutschlands steigt über den betrachteten Zeitraum, hauptsächlich ausgelöst durch technologischen Fortschritt, relativ stetig an von 1,4 gha/Person im Jahr 1961 auf 2,3 gha/Person im Jahr 2013. Zur langfristigen Aufrechterhaltung des in Deutschland stattfindenden Konsums des Jahres 2013 würde also die 2,4-fache Biokapazität Deutschlands benötigt. Nimmt man an, dass alle Menschen auf der Erde in gleicher Weise konsumieren würden wie die Deutschen, so wären zur langfristigen Aufrechterhaltung dieses Konsumniveaus 3,2 Erden notwendig.

Schaubild 6: Ausgewählte Ergebnisse des ökologischen Fußabdrucks



Quelle: Global Footprint Network 2017

Noch „unnachhaltiger“ wird die Situation, wenn man annimmt, dass alle Menschen der Erde entsprechend des durchschnittlichen US-Amerikaners konsumieren würden: Deren ökologischer Fußabdruck liegt im Jahr 2013 bei durchschnittlich 8,6 gha/Person. Würden alle konsumieren wie die US-Amerikaner, so wären dafür 5,0 Erden notwendig. Auch in China – dem bevölkerungsreichsten Land der Erde – liegt der ökologische Fußabdruck inzwischen deutlich über der chinesischen und der weltweiten Pro-Kopf-Biokapazität. Im Jahr 2013 beträgt der ökologische Fußabdruck 3,6 gha/Person, zu seiner Aufrechterhaltung wären also 2,1 Erden notwendig. Besonders beunruhigend ist hier die massive Steigerung des ökologischen Fußabdrucks ab dem Jahr 2000. Etwas anders sieht es in Indien aus: Hier liegt der ökologische Fußabdruck zwar ebenfalls über der eigenen Biokapazität, befindet sich mit einem Wert von 1,1 gha/Person im Jahr 2013 jedoch noch deutlich unterhalb der weltweiten Biokapazität von 1,7 gha/Person. Aber auch in Indien ist insbesondere seit dem Jahr 2002 ein deutliches Ansteigen des ökologischen Fußabdrucks zu erkennen. Als zwei weitere Beispiele wurden die Länder Australien und Tschad ausgewählt, die sich beide dadurch auszeichnen, dass die eigenen Biokapazitäten oberhalb der jeweiligen ökologischen Fußabdrücke liegen. Allerdings unterscheiden sie sich deutlich bezüglich des Niveaus ihrer Fußabdrücke und Biokapazitäten: Während der ökologische Fußabdruck in Australien im Jahr 2013 bei 8,8 gha/Person liegt, beträgt er im Tschad nur 1,4 gha/Person. Die Pro-Kopf zur Verfügung stehende Biokapazität liegt in Australien im Jahr 2013 bei 15,7 gha/Person, im Tschad hingegen nur bei 1,9 gha/Person. In beiden Ländern ist außerdem ein deutliches Abfallen der Biokapazität zu beobachten, wobei dies in beiden Fällen auf steigende Bevölkerungszahlen zurückzuführen ist. Betrachtet man hingegen die aggregierte Biokapazität, so steigt diese in beiden Ländern von 1961 bis 2013 leicht an. An diesen beiden eigentlich sehr unterschiedlichen Ländern wird damit deutlich, welche Rolle die Bevölkerungsentwicklung spielt.

Wieder auf der Ebene der gesamten Erde betrachtet, sorgte der technologische Fortschritt zwar dafür, dass heute deutlich mehr Menschen im Rahmen der vorhandenen globalen Flächen versorgt werden können. Er reichte aber nicht aus, um sowohl den Anstieg des durchschnittlichen Konsums als auch das Bevölkerungswachstum auszugleichen. Die Botschaft und das Ziel, das aus den vorgestellten Ergebnissen folgt, ist klar: Der ökologische Fußabdruck sollte mindestens auf das Niveau der Biokapazität gesenkt werden. Dafür tragen aufgrund ihrer hohen Pro-Kopf-Verbräuche (sowohl historisch als auch aktuell) und ihrer finanziellen Möglichkeiten insbesondere die wohlhabenden Nationen eine besondere Verantwortung.

### **3.2.5 Schlussfolgerung**

Sowohl die Ergebnisse des ökologischen Fußabdrucks als auch die der planetaren Belastungsgrenzen zeigen, dass die heutige globale Produktions- und Konsumweise nicht nachhaltig ist. Denn sie widerspricht der gängigen Definition der Nachhaltigkeit des Brundtland-Berichts, wonach eine Entwicklung

dann nachhaltig ist, wenn diese den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne dabei die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.<sup>14</sup> Genau diese Gefährdung wird jedoch sowohl durch den ökologischen Fußabdruck – es würden laut diesem 1,7 Erden benötigt –, als auch durch die planetaren Belastungsgrenzen – vier der sieben bewertbaren planetaren Belastungsgrenzen sind überschritten – attestiert.

Aus Sicht der vorliegenden Arbeit zeigen die Ergebnisse der planetaren Belastungsgrenzen und des ökologischen Fußabdrucks klar, dass großer Handlungsbedarf bezüglich der Minderung der negativen Umweltauswirkungen des Konsums in Deutschland besteht. Dabei ist es zumindest für Deutschland unerheblich, ob man die deutsche oder die weltweite Biokapazität als Maßstab wählt. In beiden Fällen liegt der ökologische Fußabdruck – wie in Kapitel 3.2.4 gezeigt wurde – deutlich oberhalb der Biokapazität. Doch mit welchen Mitteln könnte eine Umsteuerung in Richtung eines nachhaltig(er)en Konsums gelingen? Um darauf eine Antwort geben zu können, müssen zunächst die Gründe untersucht werden, warum der Konsum bislang nicht nachhaltig ist.

### 3.3 Problemursache: Internalisierungslücken

#### 3.3.1 Der „wahre“ Preis

In einer Marktwirtschaft fällt insbesondere einem Instrument die Rolle zu, den Nutzen und die Kosten des Konsums in Einklang zu bringen. Hayek preist den dahinterstehenden Mechanismus in seinem Artikel „The Use of Knowledge in Society“ als „Wunder“ und bezeichnet ihn – wäre er bewusst gesteuert – als „one of the greatest triumphs of the human mind“ (Hayek 1945: 526). Schmidt-Bleek nennt ihn das in „der Marktwirtschaft [...] wichtigste und vorherrschende Signal“ (Schmidt-Bleek 2007: 206): der Preis.

Nun herrschen in einem Großteil der – insbesondere in der wohlhabenden frühindustrialisierten – Welt marktwirtschaftliche Verhältnisse. Diese waren aller Voraussicht nach maßgeblich für die in Kapitel 3.2.1 und 3.2.2 dargestellte wirtschaftliche Entwicklung verantwortlich. Offensichtlich haben sie jedoch nicht zu nachhaltigen Produktions- und Konsumverhältnissen geführt. Warum ist das so? Warum hat der Preis beziehungsweise das über ihn vermittelte Signal hinsichtlich der negativen Umweltwirkungen nicht funktioniert?

---

<sup>14</sup> „Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“ (World Commission on Environment and Development 1987: 41). Deutsche Übersetzung: „Dauerhafte Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“ (Hauff 1987: 46).

Einen der wichtigsten Gründe für das Versagen des Preismechanismus innerhalb einer Marktwirtschaft stellen externe Kosten dar.<sup>15</sup> Sie werden dadurch definiert, dass sie nicht von dem sie verursachenden Akteur getragen werden, sondern von Dritten.<sup>16</sup> Dabei können diese Dritte sowohl intra- als auch intergenerationeller Natur sein, sich also sowohl auf andere heute lebende Menschen als auch auf zukünftige Generationen beziehen. Werden keine Maßnahmen zur Internalisierung der externen Kosten getroffen, so sind diese nicht Teil des Marktpreises. Der Preis vieler Güter ist dadurch zu niedrig, was schließlich zu aus wohlfahrtstheoretischer Sicht ineffizienten Marktgleichgewichten mit einem zu hohen Konsum führt (siehe Kapitel 4). Es handelt sich um ein allokatives Marktversagen, also eine Situation, in der es dem sich selbst überlassenen Markt nicht gelingt, die vorhandenen Ressourcen effizient zuzuteilen. Der gezahlte Preis stimmt dann nicht mit dem gesellschaftlichen – in diesem Sinne – „wahren“ Preis überein.

Damit stimmen die Auswirkungen von nicht internalisierten externen Kosten gut mit der in Kapitel 3.2 aufgestellten Diagnose überein, dass die durch Produktion und Konsum ausgelösten Umweltwirkungen in nicht nachhaltiger – oder um in der Sprache der Wohlfahrtsökonomik zu bleiben – in ineffizient hoher Größenordnung bestehen. Und in der Tat ist es in der Wissenschaft eigentlich unstrittig, dass es sich bei vielen der Umweltwirkungen beziehungsweise bei deren Auswirkungen auf den Menschen um externe Kosten handelt und diese in beträchtlicher Höhe vorliegen: So wurde beispielsweise in dem EU-Projekt EXIOPOL berechnet, dass die externen Kosten der Umweltwirkungen von Treibhausgasen und weiterer Luftschadstoffe im Jahr 2000 weltweit 2,35 Bio. US-Dollar betrugen, was etwa 7% des weltweiten BIP entspricht. Und dabei sind diese Berechnungen der externen Kosten eigenen Angaben nach „far from complete, neglecting for instance the value of ecosystem services and biodiversity“ (JRC-IPTS et al. 2011: 4).

Ein weiteres Beispiel bezüglich der Berechnung der externen Kosten stellt die Studie von Becker et al. (2012) dar. In dieser Studie der Technischen Universität Dresden (TU Dresden) werden dem europäischen Verkehr externe Kosten (EU-27) in Höhe von 258 bis 373 Mrd. Euro (niedrige bis hohe Schätzung) bescheinigt (Becker et al. 2012: 34). Bewertet werden diese Zahl und deren Problematik folgendermaßen:

*„Dies ist eine beträchtliche Summe und sie führt zu einem Niveau der Autonutzung, das unter dem Gesichtspunkt der Gesellschaft betrachtet ineffizient ist. Weil „Andere“ für große Teile der Verkehrskosten bezahlen, nutzen Europäer das Auto zu häufig.“ (Becker et al. 2012: 40)*

---

<sup>15</sup> Daneben gibt es natürlich auch weitere Gründe für Preis- und damit Marktversagen, wie beispielsweise übermäßige Marktmacht (Monopole/Oligopole) und unvollständige Informationen, siehe dazu zum Beispiel Fritsch (2014: 159-323).

<sup>16</sup> Ausführlich wird auf die externen Kosten in Kapitel 4.3 im Rahmen des wirtschaftstheoretischen Hintergrunds eingegangen.

Und auch, dass ein bedeutender Teil der externen Umweltkosten noch nicht internalisiert ist, also das sogenannte „Verursacherprinzip“ (polluter-pays-principle) noch nicht umfassend durchgesetzt ist, kann mindestens als weitverbreitete Ansicht angesehen werden. In der eben aufgeführten Studie der TU Dresden wird zwar keine explizite Berechnung bezüglich der bereits vorliegenden Internalisierung vorgenommen. Die Autoren halten jedoch fest, dass die Studienergebnisse deutlich zeigen würden, dass Autos ihre gesamten internen und externen Kosten nicht tragen, da „es auf der Hand [liegt], dass es keine zweckgebundenen Mittel gibt, die der Summe von 300 bis 400 Milliarden externer Kosten gegenübergestellt werden können“ (Becker et al. 2012: 40).

Während die Studie der TU Dresden den Verkehrsbereich betrachtete, wurden in einer Studie von Alberici et al. (2014) die durch Strom- und Heizenergieerzeugung ausgelösten externen Kosten für Europa berechnet. Für die EU-28 betrugen diese Kosten demnach im Jahr 2008 insgesamt 199 Mrd. Euro. In Deutschland lagen die berechneten externen Kosten bei 41 Mrd. Euro (Alberici et al. 2014: 41-43). Bei den externen Kostenberechnungen sind im Bereich „climate change“ – der mit rund 50% für den größten Teil der externen Kosten verantwortlich ist – dabei bereits die durch den Europäischen Emissionshandel (EU-ETS) internalisierten externen Kosten abgezogen, nicht jedoch weitere bereits bestehende Internalisierungen, beispielsweise über Energiesteuern. Allerdings sind darin auch keine Subventionen berücksichtigt. Subventionen senken den Preis und führen deswegen – entsprechend nicht internalisierter externer Kosten – zu ineffizient hohen Verbräuchen des subventionierten Guts.

Der Unterschied zwischen externen Kosten und der bestehenden Nettointernalisierung (bestehende Nettointernalisierung – bestehende Subventionen) wird dabei in dieser Arbeit als Internalisierungslücke bezeichnet. Als Ausgangshypothese wird dabei – sich stützend auf die in diesem Kapitel vorgestellten Studien – angenommen, dass solche Internalisierungslücken vorliegen. Diese Hypothese zu überprüfen, also festzustellen ob und gegebenenfalls in welcher Höhe Internalisierungslücken in Deutschland unter Einbeziehung aller relevanten Internalisierungs- und Subventionsinstrumente vorhanden sind, stellt einen wichtigen und entscheidenden Teil dieser Arbeit dar.

### **3.3.2 Warum sind die externen Kosten nicht vollständig internalisiert?**

#### **3.3.2.1 Vorbemerkung**

Aus wirtschaftstheoretischer Sicht ist es unstrittig, dass alle externen Kosten internalisiert werden sollten (siehe Kapitel 4). Wie lassen sich dann aber bestehende Internalisierungslücken erklären? Auf drei Gründe, die einer Internalisierung im Wege stehen könnten, wird im Folgenden eingegangen. Zunächst wird auf die mögliche Gefährdung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit, danach auf die Unsicherheiten bei der Berechnung und schließlich auf den für diese Arbeit zentralen Punkt – die soziale Verträglichkeit – eingegangen.

### **3.3.2.2 Gefährdung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit**

Ein oft gegen die Internalisierung von externen Kosten vorgebrachtes Argument stellt die Gefährdung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit dar. Das Argument lautet vereinfacht ausgedrückt so: Wenn in Land A die externen Kosten der Stromerzeugung internalisiert werden, in Land B jedoch nicht, dann hat Land B bei allen Produkten, die während ihres Produktionsprozesses Strom benötigen, einen Wettbewerbsvorteil gegenüber Land A. Die Folge ist, dass die Produktion sich nach der Internalisierung nach Land B verlagert und so letztlich keine reale Internalisierung stattfindet. Der alleinige Effekt wäre, dass Land A wirtschaftliche Einbußen hinnehmen muss. Dieses Argument kann als eine mögliche Ausprägung des sogenannten „Pollution Haven Effect“ angesehen werden, der besagt, dass bei einer Verschärfung der Umweltpolitik eines Landes Auswirkungen auf dessen Handels- und Auslandsinvestitionsströme auftreten: Es werden mehr umweltverschmutzungsintensive („schmutzige“) Güter importiert und die Auslandsinvestitionen in weniger umweltregulierte Länder nehmen zu (vgl. Birdsall und Wheeler 1993). Daran schließt sich die „Pollution Haven Hypothesis“ an, die besagt, dass durch die Globalisierung und den zunehmenden Handel die „schmutzige“ Produktion immer weiter in arme Entwicklungsländer mit weniger strengen Umweltgesetzgebungen abwandert. Nun sind die empirischen Befunde zu diesem Effekt und dieser Hypothese gemischt (vgl. Levinson und Taylor 2008; Zhang et al. 2017). Das Vorliegen solcher Auswirkungen scheint jedoch mindestens bis zu einem gewissen Grad plausibel.

Allerdings wird das Argument der Gefährdung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit durch eine Internalisierung schlagartig irrelevant, wenn man von der Produktions- in die Konsumperspektive wechselt. Sobald die Internalisierung nämlich erst beim privaten Endverbraucher stattfindet, spielt es keine Rolle mehr, ob das Produkt in Land A oder Land B hergestellt wurde. In beiden Fällen werden die externen Kosten eingepreist. Deswegen kann das Argument der Gefährdung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit für den in dieser Arbeit verwendeten konsumseitigen Ansatz als irrelevant eingestuft werden.<sup>17</sup>

### **3.3.2.3 Unsicherheiten bei der Berechnung der externen Kosten**

Ein weiteres gegen die Internalisierung vorgebrachtes Argument betrifft die (Un)Genauigkeit und (Un)Sicherheit der Berechnung der externen Kosten. Es wird in Frage gestellt, dass es möglich sei die externen Kosten mit ausreichender Genauigkeit zu berechnen. Und solange dies nicht möglich sei, würde eine Internalisierung, die auf diesen ungenauen Berechnungen beruht, möglicherweise eher zu

---

<sup>17</sup> Allerdings sind für eine vollumfängliche konsumseitige Internalisierung der externen Kosten aller Konsumgüter enorme Mengen an Informationen notwendig, da im Idealfall für jedes Produkt aus jedem Land die genauen Produktionsbedingungen bekannt sein müssten, um dann genau die verursachten externen Kosten zu internalisieren. Unter anderem dieser hohe Informationsbedarf führt in der vorliegenden Arbeit dazu, dass der Untersuchungsbereich auf den Energieverbrauch der privaten Haushalte in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität beschränkt wird. Für ausführlichere Erläuterungen dazu siehe Kapitel 6.4.



einer Verschlechterung als zu einer Verbesserung führen und sei deswegen abzulehnen. Dass die Berechnungen externer Kosten relativ großen Unsicherheiten unterliegen, lässt sich nicht abstreiten. Die Unsicherheiten der ökonomischen Bewertung umweltrelevanter Effekte ergeben sich dabei laut der Methodenkonvention 2.0 des Umweltbundesamts vor allem aus folgenden Gründen:

- *„Es gibt keine Marktpreise, die den Wert der Umwelt unmittelbar angeben.“*
- *Umweltauswirkungen sind häufig ungewiss, die Wirkungen heutiger Aktivitäten auf die Umwelt sind teilweise noch nicht bekannt.*
- *Es gibt irreversible Umweltschäden, die zu bewerten sind.*
- *Man muss heute über die Bewertung von Schäden entscheiden, die erst in ferner Zukunft auftreten.“ (UBA 2013: 36)*

Die letztgenannte Unsicherheit spiegelt sich ökonomisch in der Diskontierung des zukünftigen Nutzens und der Kosten wieder.<sup>18</sup> Dahinter steht zum einen auf individueller Ebene die Frage, wie das Individuum seinen eigenen gegenwärtigen Nutzen im Vergleich zu einem zukünftigen Nutzen bewertet. Zum anderen ist auf intergenerationeller Ebene zu klären, welcher Wert der Bedürfnisbefriedigung zukünftiger Generationen zugemessen wird. Diese Fragen hängen stark von den Annahmen zum zukünftigen Wirtschaftswachstum und technischen Fortschritt ab. Je nachdem welche Annahmen, sprich Diskontierungssätze, hier gewählt werden, ergeben sich vor allem für langfristig auftretende Schäden deutlich unterschiedliche Kostensätze.

Letzlich lässt sich die Auswahl der für die ökonomische Bewertung eingesetzten Maßstäbe nicht allein wissenschaftlich begründen. Die Maßstäbe „müssen allerdings konsistent mit individuellen und gesellschaftlichen Präferenzen, Zielsetzungen und Rahmenbedingungen sein“ (UBA 2013: 37) und die zugrunde liegenden Annahmen, sowie deren Unsicherheiten, klar benannt werden. Diesem Anspruch versucht das Umweltbundesamt (UBA) in der Methodenkonvention 2.0 – deren Kostensätze in dieser Arbeit verwendet werden – möglichst umfassend gerecht zu werden (UBA 2013: 16-40). Bei den restlichen, in dieser Arbeit verwendeten Datenquellen und Methoden wurde darauf geachtet, eine möglichst große Nachvollziehbarkeit und Transparenz zu gewährleisten, indem alle Rechenschritte erläutert und alle Datenquellen klar benannt werden sowie auf Annahmen und Probleme hingewiesen wird.

Bei der Berechnung der externen Kosten bestehen wie dargestellt Unsicherheiten, allerdings unterscheidet sich das nicht von anderen Bewertungsmöglichkeiten von Umweltproblemen. Trotz dieser Unsicherheiten mussten und müssen weiterhin Entscheidungen getroffen werden, die teilweise sehr langfristige Auswirkungen haben können. Die ökonomische Bewertung ermöglicht es, die einer ökonomischen Bewertung zugänglichen Aspekte der Umweltnutzung explizit zu machen und damit die

---

<sup>18</sup> Auch Zeitpräferenzrate anstatt Diskontierungssatz genannt.

ansonsten möglicherweise implizit getroffenen Bewertungen offen zu legen. Damit trägt die ökonomische Bewertung zu einer Informationsverbesserung bei.

Die Forschungslandschaft auf dem Gebiet der externen Kosten und deren Internalisierung war in den letzten Jahrzehnten sehr vielfältig, was unter anderem zu deutlichen methodischen Verbesserungen geführt hat.<sup>19</sup> Inzwischen werden Berechnungen zu externen Kosten bereits in zahlreichen Ländern zur Unterstützung des politischen Steuerungsprozesses eingesetzt (vgl. World Bank et al. 2016). Natürlich lässt sich trotzdem nicht ausschließen, dass die vorliegenden Methoden zur ökonomischen Bewertung der Umweltwirkungen fehlerhaft sind. Eine Internalisierung mittels fehlerhafter ökonomischen Bewertungen wäre jedoch aus wohlfahrtstheoretischer Sicht nur dann schädlich, wenn die externen Kosten deutlich überschätzt würden. Wäre die ökonomische Bewertung hingegen zu niedrig, würde – wie in Kapitel 4.5 gezeigt wird – die darauf beruhende Teilinternalisierung der „wahren“ externen Kosten auf jeden Fall eine Verbesserung im Vergleich zum Status quo darzustellen. Selbst eine Überschätzung der externen Kosten würde bis zu einem gewissen Umfang bei einer vorliegenden Internalisierungslücke noch zu Wohlfahrtsgewinnen führen, wobei die genaue Höhe der erlaubten Überinternalisierung von der Höhe der externen Kosten abhängt (siehe Kapitel 4.5). Weil in dieser Arbeit nur die externen Kosten der Treibhausgase und ausgewählter Luftschadstoffe berücksichtigt werden und damit sicherlich nicht alle externen Kosten abgedeckt sind, scheint eine starke Überschätzung der externen Kosten eher unwahrscheinlich.<sup>20</sup> Außerdem wurde darauf geachtet im Zweifelsfall eher konservativ, also die externen Kosten nicht überschätzend zu rechnen und beispielsweise bezüglich des Kostensatzes für Treibhausgase Szenariorechnungen anzustellen (siehe Kapitel 12.2).

Auch das Vorsichtsprinzip der Umweltpolitik lässt sich zur Entkräftung des Arguments der unsicheren Berechnung der externen Kosten – genauer gesagt der negativen Folgen einer möglicherweise zu hohen Internalisierung – heranziehen. In seiner ursprünglichen Form besagt das Vorsichtsprinzip im Zweifel eine Handlung eher zu unterlassen beziehungsweise zu verbieten, wenn deren Folgen für die Umwelt nicht eindeutig geklärt sind (vgl. Lueg 2010: 93). Übertragen auf die Internalisierung der externen Kosten würde es bedeuten, dass bei fehlender Gewissheit zum Schutz der Umwelt, unbeteiligter Dritter und zukünftiger Generationen eher eine zu hohe als eine zu niedrige Internalisierung der externen Kosten der Umweltnutzung stattfinden sollte. Dies würde zwar möglicherweise zu einer ineffizienten Unternutzung führen, eine solche wäre aber – im Sinne des Vorsichtsprinzips – im Zweifelsfall einer ebenfalls ineffizienten Übernutzung vorzuziehen.

---

<sup>19</sup> Siehe zum Beispiel das EIPRO-Projekt (Tukker et al. 2006), das NEEDS-Projekt (ISIS 2009), das EXIOPOL-Projekt (JRC-IPTS et al. 2011), die Methodenkonvention 2.0 des Umweltbundesamts (UBA 2013) und die kontinuierliche Weiterentwicklung der GEMIS-Datenbank (IINAS 2015).

<sup>20</sup> Bei der Mobilität werden außerdem zusätzlich die externen Kosten von Lärm und von Unfällen einbezogen (siehe Kapitel 6.5.5).

### 3.3.2.4 *Soziale Verträglichkeit der Internalisierung externer Effekte*

Ein drittes Argument, das oft gegen eine Internalisierung externer Effekte angebracht wird, betrifft die soziale Verträglichkeit. Das Argument lautet, dass arme Haushalte durch eine Internalisierung überproportional stark belasten würden. Eine Internalisierung wäre also mit regressiven Verteilungswirkungen verbunden und wäre deswegen aus Gerechtigkeitsgründen abzulehnen. Die Auseinandersetzung mit diesem Argument stellt den Kern und das erkenntnisleitend Forschungsinteresse der vorliegenden Arbeit dar.

Der Vorwurf einer mangelnden sozialen Verträglichkeit entbehrt nicht einer gewissen Grundlage. Wie in Kapitel 5.2 ausführlicher gezeigt wird, gibt es empirische Studien, die in den Bereichen Strom und Wärme – und in eingeschränkterer Form auch im Bereich der Mobilität – in der Bruttoperspektive, also bei alleiniger Betrachtung der Belastungswirkungen, der Internalisierung externer Kosten eine regressive Belastungswirkung attestieren.

Ein erster Einwand gegen dieses Argument ließe sich von der Position ableiten, dass Umwelt- und Sozialpolitik getrennt voneinander betrachtet werden sollten. Die Umweltpolitik hat demnach durch die Internalisierung der externen Kosten für aus ökologischer Sicht „wahre“ Preise und damit effiziente Ausgangsbedingungen zu sorgen; die Sozialpolitik sollte anschließend mit gezielten zusätzlichen Maßnahmen dafür sorgen, dass die Auswirkungen sozialverträglich sind. Dieses Vorgehen entspräche der nach dem ersten Wirtschaftsnobelpreisträger benannten Tinbergen-Regel, nach dem jedes wirtschaftspolitische Ziel mindestens ein linear unabhängiges Instrument benötigt (Tinbergen 1952).

Aus rein theoretischer Sicht mag diese Trennung von umwelt- und sozialpolitischen Zielsetzungen als Gegenargument bereits genügen, allerdings reicht sie in der Realität möglicherweise nicht aus. So könnte sich beim politischen Diskussions- und Aushandlungsprozess über die Umsetzung einer Internalisierung der externen Kosten die Frage nach deren sozialer Gerechtigkeit als entscheidendes Hindernis erweisen. Mitentscheidend für die Umsetzung einer Maßnahme ist nämlich die Frage, ob die Bevölkerung (oder zumindest ein Großteil der Wähler der regierenden Parteien) diese unterstützt (siehe Kapitel 5.3). Dass die öffentliche Diskussion um die soziale Gerechtigkeit von ökonomischen Instrumenten der Umweltpolitik einen durchaus relevanten Faktor darstellt, zeigen beispielsweise die Erfahrungen aus der Ökosteuer-Reform (1999-2003) und aktuell aus der Energiewende.

Bei der Ökosteuer-Reform der Jahre 1999 bis 2003, auf die in Kapitel 5.4.1 näher eingegangen wird, war eines der am öftesten gegen sie vorgebrachten Argumente, dass sie sozial ungerecht sei. So bezeichnete beispielsweise die CDU die Ökosteuer in ihrem Bundestagswahlprogramm des Jahres 2002 „als wirtschaftlich verfehlt, ökologisch kontraproduktiv und sozial ungerecht“ (CDU und CSU 2002: 9). Die FDP hielt in ihrem Bundestagswahlprogramm desselben Jahres fest: „Die Steuererhöhungen mit

dem Etikett Ökosteuer sind unsozial und ungerecht“ (FDP 2002: 5). Und in der Tat stellte eine Veröffentlichung des DIW Berlin (Bach 2009) sogar bei der Betrachtung der Nettoverteilungseffekte – also sowohl der Belastungen der Ökosteuer als auch der durch die Senkung der Rentenbetragssätze ausgelösten positiven Wirkungen – eine leicht regressive Verteilungswirkung fest, die vor allem Familien mit Kindern negativ betraf (siehe Kapitel 5.4.1).

Auch bei der Energiewende und im Speziellen bezogen auf die Erneuerbaren-Energien-Gesetz-Umlage (EEG-Umlage) wurden und wird intensiv über die soziale Verträglichkeit diskutiert. Wie in Kapitel 5.4.2 näher ausgeführt wird, zeigen auch dort die empirischen Auswertungen in der Bruttoperspektive regressive Belastungswirkungen (siehe zum Beispiel Neuhoff et al. 2012, Löschel et al. 2012, Heindl et al. 2014, Diekmann et al. 2016, Sievers und Pfaff 2016). Und im Gegensatz zur Ökosteuer werden die Nettobelastungen für die ärmeren Haushalte durch die Verwendung der Einnahmen bei der EEG-Umlage nicht deutlich verringert. Im Gegenteil ist davon auszugehen, dass die reicheren Bevölkerungsschichten deutlich überproportional von ihr profitieren. Denn die armen Bevölkerungsschichten verfügen nicht über die notwendigen freien finanziellen Mittel, um die durch die EEG-Umlage gesicherten Renditen in Anspruch nehmen zu können. Oder wie es Löschel et al. (2012) ausdrücken: „Wohlhabende Bürger können sehr wohl vom EEG profitieren, während die ärmeren Schichten dafür zahlen“ (Löschel et al. 2012: 516).

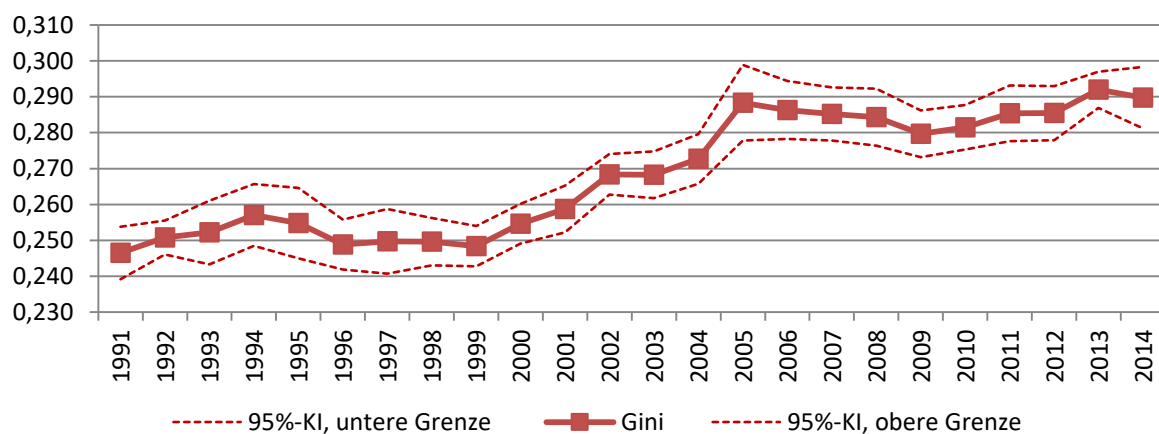
Heindl et al. (2014: 514) attestieren auch der EEG-Reform des Jahres 2014, „sozial schief“ () gestaltet zu sein. Weiter stellen sie fest, dass „[o]hne angemessene Balance bei der Verteilung von Kosten und Nutzen [...] das Projekt langfristig keine Unterstützung finden [kann]“ (Heindl et al. 2014: 514) und auch „die Verteilung der Kosten einen breiten Konsens unter den Bürgern finden“ (Heindl et al. 2014: 514) müsse. Um dies zu gewährleisten, fordern sie, dass bereits bei der Planung neuer Instrumente deren zu erwartende soziale Auswirkungen berechnet werden sollten, um so die am stärksten betroffenen Bevölkerungsgruppen zu identifizieren und wo nötig zu entlasten (Heindl et al. 2014: 514). Denn „[e]ine von vielen als ungerecht empfundene Politik wird in einer liberalen Gesellschaft langfristig keine Unterstützung finden“ (Heindl et al. 2014: 508).

Die aktuelle Relevanz der Frage der sozialen Gerechtigkeit zeigt sich beispielsweise, wenn man die Wahlprogramme der SPD und CDU zur Bundestagswahl 2017 betrachtet. Bei der SPD ist Gerechtigkeit das zentrale Thema. So trägt das SPD-Wahlprogramm den Titel „Zeit für mehr Gerechtigkeit“. Dort heißt es, dass steigende Ungleichheit bei Einkommen und Vermögen die Zukunftschancen Deutschlands gefährde (SPD 2017: 28). Um dem entgegenzuwirken wird unter dem Stichwort Steuergerechtigkeit versprochen, dass kleine und mittlere Einkommen bei Steuern und Abgaben entlastet werden sollen (SPD 2017: 49). CDU und CSU (2017: 34) wollen hingegen laut ihres Wahlprogramms in erster Linie die Mitte der Gesellschaft entlasten und versprechen dafür Steuerentlastungen in Höhe von 15

Mrd. Euro. Dass das Thema der sozialen Gerechtigkeit auch in der Gesellschaft selbst kritisch gesehen wird, zeigen Umfragen von infratest dimap infratest dimap (2017: 15): Demnach war in den Jahren 2016 und 2017 ungefähr die Hälfte der Deutschen der Meinung, dass es in Deutschland ungerecht zugeht.<sup>21</sup> Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine Online-Umfrage des Marktforschungsunternehmens Civey im Auftrag von SPIEGEL-ONLINE (2017): Auf die Frage ob die Erfolge des wirtschaftlichen Aufschwungs in Deutschland gerecht verteilt werden, antworteten 37,8% der Befragten mit „Nein, auf keinen Fall“ und 38,9% mit „Eher nein“.

Wie die auf dem Sozio-oekonomischen Panel (SOEP) beruhenden Auswertungen von Grabka und Goebel (2017) zeigen, hat sich die soziale Ungleichheit in den letzten Jahrzehnten in Deutschland tatsächlich relativ deutlich erhöht. So weisen sowohl der Gini-Koeffizient als auch das 90:10-Perzentilverhältnis der verfügbaren Nettoäquivalenzeinkommen im Jahr 2014 deutlich höhere Werte – also größere Ungleichheiten – aus als im Jahr 1991 (siehe Schaubild 7 und Schaubild 8).<sup>22</sup> Dabei fand der Anstieg der Ungleichheit hauptsächlich im Zeitraum 1999 bis 2005 statt. Hier stieg der Gini-Koeffizient von 0,248 auf 0,299 und das 90:10-Perzentilverhältnis von 3,0 auf 3,5. Seitdem ist kein eindeutiger Trend mehr erkennbar; die Ungleichheit verharrt in etwa auf dem höheren Niveau. Diesen Anstieg der Einkommensungleichheit hält auch der fünfte Armuts- und Reichtumsbericht der Bundesregierung fest (BMAS 2017: 118).

**Schaubild 7: Gini-Koeffizient des verfügbaren Nettoäquivalenzeinkommens von 1991-2014 in Deutschland**

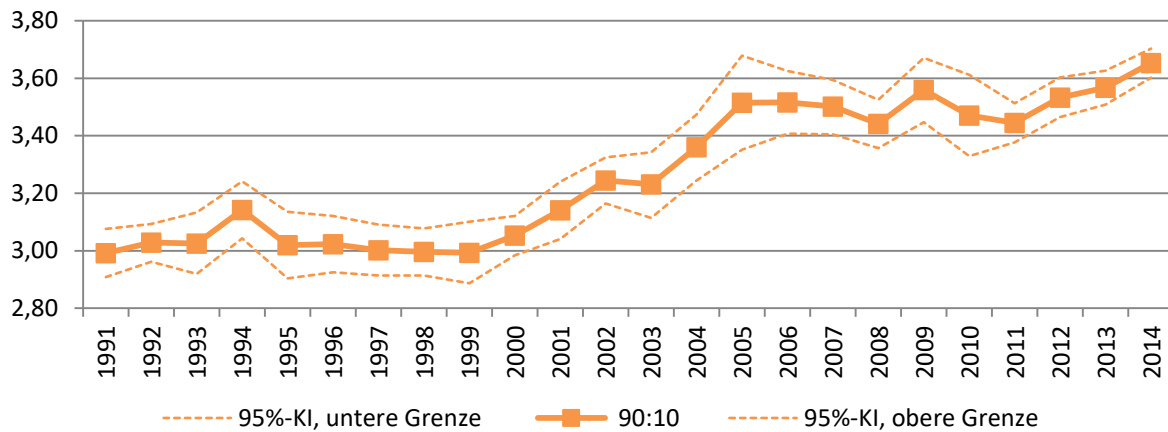


Quelle: Grabka und Goebel 2017: 78; SOEPv32; eigene Darstellung; KI=Konfidenzintervall

<sup>21</sup> Frage: „Finden Sie, dass es in Deutschland alles in allem eher gerecht oder eher ungerecht zugeht?“; Antwort „eher ungerecht“: Februar 2016 = 50%, März 2017 = 44% (infratest dimap 2017: 15).

<sup>22</sup> Der Gini-Koeffizient ist ein Maß der relativen Konzentration beziehungsweise Ungleichheit. Er kann einen Wert zwischen Null und Eins annehmen. Dabei entspricht ein Wert von Null einer Gleichverteilung und bei einem Wert von eins besitzt eine Person das gesamte Einkommen. Das 90:10-Perzentilverhältnis gibt das Verhältnis aus dem Einkommen der einkommensschwächsten Person aus dem obersten Dezil zu den Einkünften der einkommensstärksten Person aus dem untersten Dezil an. Bei beiden Maßen entspricht ein höherer Wert einer größeren Ungleichheit.

**Schaubild 8: 90:10-Perzentilverhältnis des verfügbaren Nettoäquivalenzeinkommens von 1991-2014 in Deutschland**



Quelle: Grabka und Goebel 2017: 78; SOEPv32; eigene Darstellung; KI=Konfidenzintervall

Es kann also als durchaus realistische Gefahr angesehen werden, dass sich eine mangelnde soziale Verträglichkeit als entscheidendes Hindernis bezüglich der Umsetzung von Internalisierungsmaßnahmen erweist und auch in der Vergangenheit bereits erwiesen hat. Allerdings fehlen Auswertungen, die die sozialen Verteilungswirkungen einer Internalisierung für Deutschland in umfassender Weise sowohl aus der Brutto- als auch der Nettoperspektive berechnen und analysieren. Zwar liegen bezüglich der sozialen Verteilungswirkungen von Internalisierungen in Deutschland bereits einige Analysen vor (siehe Kapitel 5.2 und 5.4), diese betreffen jedoch meistens nur Teilbereiche oder nehmen nur die Bruttoperspektive ein. Mit dieser Forschungslücke setzt sich die vorliegende Arbeit auseinander und versucht diese zumindest teilweise zu schließen.

### 3.4 Die Verringerung der Ungleichheit als eigenständiges Ziel

Wie in Kapitel 3.3.2.4 ausgeführt, ist die Frage der sozialen Verträglichkeit im Hinblick auf die Internalisierung externer Effekte deswegen relevant, weil von ihr die gesellschaftliche Akzeptanz für die Internalisierungsmaßnahmen und damit deren Realisierungschancen (mit) abhängen. Natürlich kann man dem Ziel der Verringerung der sozialen Ungleichheit aber auch einen davon unabhängigen Wert zu-messen. Neben allgemeinen Gerechtigkeitsvorstellungen lässt sich dies auch aus ökonomischer Sicht begründen. Da dieser Aspekt nicht den Kern dieser Arbeit darstellt, bei der Gesamtbewertung der Ergebnisse jedoch von Relevanz ist, wird hier schlaglichtartig auf einige Punkte eingegangen.

Viel Aufmerksamkeit erregte im Jahr 2014 eine Studie der OECD, in der berechnet wurde, dass das Wirtschaftswachstum in Deutschland von 1990 bis 2010 aufgrund der gestiegenen Ungleichheit um rund 6 Prozentpunkte geringer ausgefallen sei (Cingano 2014: 18). Allerdings sind die Ergebnisse der OECD-Studie umstritten. So sprechen Analysen des IW Köln „eindeutig dagegen, dass die Einkommensungleichheit in Deutschland ein negativer Wachstumstreiber“ (Kolev und Niehues 2016: 16) ge-

wesen sei. In einer aktuellen Studie des DIW Berlin wird zwar eine negative Auswirkung der gestiegenen Ungleichheit auf das Wirtschaftswachstum für Deutschland im Zeitraum von 1991 bis 2015 attestiert, diese liegt mit rund mit 2 Prozentpunkten jedoch deutlich niedriger als bei der OECD-Studie (Albig et al. 2017: 167). Aufgrund der uneindeutigen und teils auch widersprüchlichen Ergebnisse kommt der Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2016: 401) in seinem Jahresgutachten 2016 zu dem Ergebnis, dass „der Zusammenhang zwischen Ungleichheit und Wirtschaftswachstum jedenfalls nicht eindeutig“ sei, „so dass einzelne Ergebnisse mit erheblicher Vorsicht interpretiert werden sollen“ (Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2016: 401).

Als grundlegendes ökonomischen Prinzip, das gegen hohe Ungleichheiten spricht, lässt sich das Gesetz des abnehmenden Grenznutzens (auch 1. Gossensches Gesetz genannt) anbringen. Dieses besagt, dass der durch den Konsum eines Gutes gestiftete Nutzen pro Einheit mit zunehmender Menge immer weiter abnimmt, bis schließlich ein Sättigungspunkt erreicht ist, an dem der zusätzliche Nutzen gleich Null ist (Gossen 1987 (1854)). Nun bezieht sich dieses Gesetz nur auf einzelne Güter und lässt sich nicht ohne weiteres auf unsere heutige komplexe Konsumgesellschaft übertragen. Allerdings scheint das grundlegende Prinzip des abnehmenden Grenznutzens auch auf den Konsum insgesamt zuzutreffen. Das lässt beispielsweise das sogenannte Easterlin-Paradox (auch Happiness-Income-Paradox genannt) vermuten. Dieses wurde nach Richard Easterlin benannt, der in dem 1974 erschienenen Beitrag „Does Economic Growth Improve the Human Lot?“ den Zusammenhang zwischen Einkommen und Glück untersuchte (Easterlin 1974). In diesem Aufsatz und einer Aktualisierung und Erweiterung aus dem Jahr 2010 (Easterlin et al. 2010) stellten er und sein Team fest, dass über längere Zeiträume betrachtet ein steigendes Einkommen nicht zu einer Erhöhung der Zufriedenheit führe:

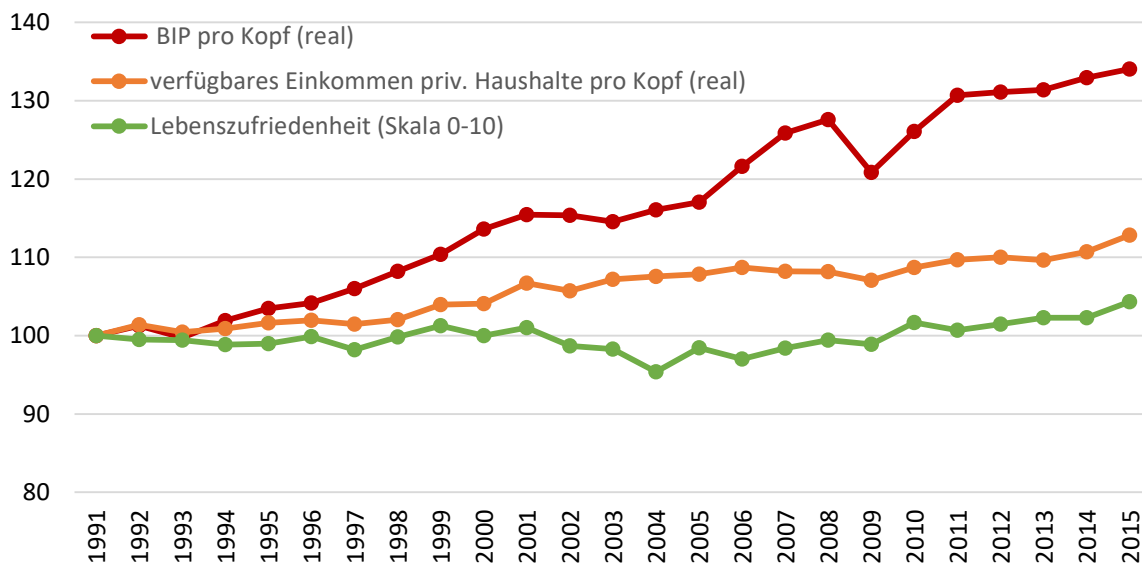
*„Simply stated, the happiness-income paradox is this: at a point in time both among and within nations, happiness varies directly with income, but over time, happiness does not increase when a country's income increases. We are talking here about the time series relationship of happiness and income in the long term, usually at least 10 years, sometimes more.“ (Easterlin et al. 2010: 22463)*

Diese These begründet Easterlin mit Auswertungen für den Zeitraum 1973 bis 2007 aus insgesamt 37 Ländern, darunter auch Deutschland.<sup>23</sup> Eigene aktuelle Auswertungen zur Entwicklung in Deutschland von 1991 bis 2015 lassen vermuten, dass das Easterlin-Paradox auch weiterhin in Deutschland zutrifft. So weichen die Entwicklungen von Lebenszufriedenheit und verfügbaren Pro-Kopf-Einkommen deutlich voneinander ab (siehe Schaubild 9). Während das mit dem Verbraucherpreisindex (VPI) preisbereinigte verfügbare und auf das Jahr 1991=100 normierte Pro-Kopf-Einkommen von 1991 bis 2015 um 13

<sup>23</sup> Genauer gesagt sind sowohl die Bundesrepublik Deutschland als auch die Deutsche Demokratische Republik teil der Studie (Easterlin et al. 2010: 22467).

Punkte anstieg, erhöhte sich die auf einer Skala von null bis zehn über das SOEP erfragte und ebenfalls auf das Jahr 1991=100 normierte allgemeine Lebenszufriedenheit im gleichen Zeitraum nur um 4 Punkte.<sup>24</sup> Gerade im Zeitraum 2002 bis 2009 sind dabei sehr gegensätzliche Entwicklungen zu erkennen. Noch unterschiedlicher fällt der Vergleich zwischen dem BIP und der Lebenszufriedenheit aus: Das deflationierte BIP pro Kopf stieg von 1991 bis 2015 um 34 Punkte und damit sehr viel stärker als die durchschnittliche Lebenszufriedenheit wie auch das verfügbare Pro-Kopf-Einkommen.

**Schaubild 9: Entwicklung von BIP, verfügbarem Einkommen und Lebenszufriedenheit in Deutschland (1991=100)**



Quellen: Statistisches Bundesamt, GENESIS-Datenbank, Zugriff: 20.07.2017 (Codes: BIP: 81000-0001, verfügb. Einkommen: 81000-0009, Bevölkerung: 81000-0011, VPI:61111-0001); Lebenszufriedenheit: SOEP v32, Berechnungen des DIW Berlin (E-Mailanfrage); eigene Berechnung

Nun ist es durchaus umstritten, ob das Easterlin-Paradox tatsächlich zutrifft (vgl. Stevenson und Wolfers 2008; Kahneman und Deaton 2010). Relativ unbestritten ist jedoch, dass beim Einkommen bezogen auf die Zufriedenheit ein abnehmender Grenznutzen vorliegt. Das heißt, dass 1.000 zusätzliche Euro einer Person mit einem Einkommen von 10.000 Euro durchschnittlich einen größeren Nutzengewinn stiften, als einer Person mit einem Einkommen von 100.000 Euro. Das stellen beispielsweise Noll und Weick (2014) für Deutschland über eine Auswertung des SOEP fest. Dort zeigt sich, dass die durchschnittliche Lebenszufriedenheit zwar über alle Dezile mit den Konsumausgaben (und dem Haushaltseinkommen) ansteigt, die Zufriedenheitszugewinne jedoch mit zunehmenden Konsumausgaben deutlich abnehmen (Noll und Weick 2014: 5). Letztendlich bedeutet dies aber auch, dass eine Umverteilung der Konsumausgaben von oben nach unten (*ceteris paribus*) zu einer Steigerung der durchschnittlichen

<sup>24</sup> Absolut gesehen stieg das verfügbare Einkommen in Preisen von 2010 von 17.892 Euro/Person im Jahr 1991 auf 20.190 Euro/Person an. Die Lebenszufriedenheit stieg von 7,24 auf 7,55 an. Quellen: siehe Schaubild 9.



Lebenszufriedenheit führen würde. Aufgrund dieses Zusammenhangs, der der Annahme eines abnehmenden Grenznutzens des Konsums entspricht, wird in vielen ökonomischen Wohlfahrtsmaßen wie dem Genuine Progress Indicator (GPI), dem Index of Sustainable Welfare (ISEW) oder dem Nationalen Wohlfahrtsindex (NWI) die Einkommensungleichheit als wohlfahrtsmindernder Faktor einbezogen.<sup>25</sup>

Mit den negativen Auswirkungen der Einkommensungleichheit beschäftigen sich auch Richard Wilkinson und Kate Pickett in ihrem Buch „Gleichheit ist Glück: Warum gerechte Gesellschaften für alle besser sind“. Dort stellen sie fest, dass die Einkommensungleichheit in reichen Ländern einen statistisch signifikanten Einfluss auf viele andere wichtige Indikatoren aus den Bereichen Soziales und Gesundheit (zum Beispiel Lebenserwartung, Gesundheit, Übergewicht, Bildung, Verbrechensrate) hat: Je gleicher die Einkommensverteilung, desto besser schneiden die Länder bei den betrachteten sozialen und Gesundheitsindikatoren ab (Wilkinson et al. 2009: 32-39). Ersetzt man die Einkommensungleichheit durch die Höhe des Einkommens, so zeigt sich hingegen kein signifikanter Zusammenhang (Wilkinson et al. 2009: 32-39). Zudem würden von einer gleicheren Einkommensverteilung nicht nur die ärmeren, sondern auch die wohlhabenden Schichten profitieren (Wilkinson et al. 2009: 207-215). Eine Studie von Dragolev et al. (2014) zeigt außerdem, dass in den 34 in der Studie untersuchten Ländern (27 Länder der EU und sieben weitere OECD-Länder) zwischen der Einkommensungleichheit und dem gesellschaftlichen Zusammenhang eine statistische Korrelation besteht: Die Autoren halten fest, dass „[g]rößere Einkommensungleichheit [...] mit geringerem gesellschaftlichen Zusammenhalt einher[geht]“ (Dragolev et al. 2014: 45).

Mit der Frage der sozialen Ungleichheit beschäftigt sich auch Marcel Fratzscher (2016), Präsident des DIW Berlin, in seinem im März 2016 erschienenen Buch „Verteilungskampf“, dass den vielsagenden Untertitel „Warum Deutschland immer ungleicher wird“ trägt. Dort attestiert Fratzscher (2016: 9) Deutschland „heute eines der ungleichsten Länder in der industrialisierten Welt“ zu sein. In keinem Land der Eurozone sei die Vermögensungleichheit höher und auch bei den Einkommen sei „das ‚Soziale‘ in den vergangenen Jahrzehnten in den Hintergrund getreten“ (Fratzscher 2016: 10). So sei die Kaufkraft der Arbeitnehmer mit niedrigeren Löhnen in den letzten 15 Jahren gesunken, während die Personen mit den höchsten Löhnen deutliche Zuwächse zu verzeichnen gehabt hätten (Fratzscher 2016: 11). Fratzscher (2016: 21) stellt außerdem fest, dass „[d]ie Ungleichheit [...] in Deutschland bereits heute ein Maß angenommen [hat], das gesellschaftlichen und finanziellen Schaden anrichtet“.

<sup>25</sup> Dabei kommen in den genannten Wohlfahrtsmaßen unterschiedliche Methoden und Maße zur Einbeziehung der Einkommensungleichheit zum Einsatz. Der ISEW in der für Belgien von Brent Bleys berechneten Version nutzt dafür den Atkinson-Index (Bleys 2009), der NWI nutzt die auf das Basisjahr 2000 basierte Entwicklung des Gini-Koeffizienten (Diefenbacher et al. 2016) und für den GPI wird in der neuesten Version von Talberth und Weisdorf ein eigens entwickeltes, auf dem abnehmenden Grenznutzen des Einkommens beruhendes Verfahren eingesetzt (Talberth und Weisdorf 2017).

Diese betreffe nicht nur die geringsten Einkommen, sondern richte Schäden für alle an. Seine Forderung:

*„Ein Bekämpfen der Ungleichheit und ihre Auswirkungen liegt im Interesse aller, nicht nur einiger. Solange wir alle, aber insbesondere die Politik, die Erkenntnis nicht so sehr verinnerlicht haben, dass aus ihr Taten resultieren, wird der Verteilungskampf in Deutschland sich weiter intensivieren und immer größeren Schaden für Gesellschaft und Wirtschaft anrichten“. (Fratzscher 2016: 21)*

Neben den vorgestellten gibt es zahlreiche weitere Werke, die sich mit den negativen Folgen der Ungleichheit auseinandersetzen. Als prominente Beispiele seien noch die Veröffentlichungen „Das Preis der Ungleichheit – Wie die Spaltung der Gesellschaft unsere Zukunft bedroht“ von Wirtschaftsnobelpreisträger Joseph Stiglitz (2012) und „Ungleichheit – Was wir dagegen tun können“ von Anthony B. Atkinson 2016 genannt.<sup>26</sup> Der Tenor dieser und der in den Abschnitten zuvor vorgestellten Veröffentlichungen und Überlegungen lässt sich vereinfachend so zusammenfassen, dass eine Verringerung der Einkommensungleichheit positive Auswirkungen (zum Beispiel auf Wirtschaftswachstum, gesellschaftliche Wohlfahrt, gesellschaftlichen Zusammenhalt, Lebenserwartung und weitere soziale und Gesundheitsindikatoren) hätte und deswegen zu begrüßen sei.

### **3.5 Formulierung der Forschungsfragen**

Eine mangelnde soziale Verträglichkeit stellt – wie in Kapitel 3.3.2.4 ausgeführt – aufgrund ihrer negativen Wirkung auf die gesellschaftliche Akzeptanz ein wichtiges Hindernis bezüglich der potenziellen Umsetzung der Internalisierung der externen Kosten dar. Das zentrale erkenntnisleitende Forschungsinteresse dieser Arbeit besteht deswegen darin herauszufinden, welche sozialen Verteilungswirkungen die Internalisierung der externen Kosten des Konsums in Deutschland hätte. Dabei wird dieser Sachverhalt sowohl aus der Bruttoperspektive, also alleine von der finanziellen Belastungsseite (Forschungsfrage 1a), als auch unter Einbezug des Ökobonus zur Einnahmenverwendung in der Nettoperspektive (Forschungsfrage 1b) untersucht.

Auf dem Weg zur Beantwortung der zentralen Forschungsfrage werden zahlreiche Berechnungsschritte vorgenommen, die selbst wiederum interessante Ergebnisse zeitigen. Deswegen werden neben der zentralen Fragestellung weitere untergeordnete Fragestellungen formuliert, deren Nummerierung sich aus der Reihenfolge der Berechnungsschritte ergibt.

---

<sup>26</sup> Auch das Buch „Das Kapital im 21. Jahrhundert“ von Thomas Piketty (2016) befasst sich mit der Frage der Ungleichheit. Piketty beschäftigt sich aber hauptsächlich mit der historischen Analyse der Ursachen (Kapitalrendite  $r >$  Wachstumsrate  $g$ ), und weniger mit der Untersuchung der negativen Auswirkungen.

Um die Frage nach der sozialen Verträglichkeit der Internalisierung beantworten zu können, wird als Maßstab der ökonomischen Leistungsfähigkeit der Haushalte das Nettoäquivalenzeinkommen herangezogen (siehe Kapitel 6.4). Darauf basierend werden einkommensspezifische Auswertungen bezüglich der Ausgaben, der Energieverbräuche, den Schadstoffemissionen, den verursachten externen Kosten und den Internalisierungslücken durchgeführt. Welche einkommensspezifischen Unterschiede hier jeweils vorliegen, stellt die erste untergeordnete Forschungsfrage dar (Forschungsfrage 2).

Unter anderem um Preiselastizitäten berechnen zu können, werden in der vorliegenden Arbeit sowohl Auswertungen des Jahres 2013 als auch des Jahres 2008 vorgenommen und präsentiert. Eine zweite untergeordnete Forschungsfrage lautet deswegen, wie sich die Ausgaben, Energieverbräuche, Schadstoffemissionen, verursachten externen Kosten und Internalisierungslücken von 2008 bis 2013 verändert haben (Forschungsfrage 3).

Wie in Kapitel 3.3.1 erwähnt wird als Ausgangshypothese dieser Arbeit angenommen, dass in Deutschland nicht alle externe Umweltkosten internalisiert sind; also dass Internalisierungslücken vorliegen. In der vorliegenden Arbeit wird diese These überprüft. Eine weitere Unterforschungsfrage lautet deswegen: Inwieweit liegen in Deutschland Internalisierungslücken vor (Forschungsfrage 4)?

Schließlich werden neben den sozialen Verteilungswirkungen auch die Auswirkungen der Internalisierung auf die Preise, den Verbrauch und daran anschließend auf die Schadstoffemissionen und externen Kosten berechnet. Die letzte untergeordnete Forschungsfrage dieser Arbeit lautet deswegen: Welche Auswirkungen hat die Internalisierung der externen Kosten auf deren Energieverbräuche, Schadstoffemissionen und externen Kosten (Forschungsfrage 5)?

In Tab. 1 sind alle Forschungsfragen aufgeführt. Dabei ist die Formulierung der Fragen zur Vermeidung falscher Erwartungen bereits um den Aspekt des Untersuchungsbereichs (Strom, Wärme, Mobilität) erweitert (siehe Kapitel 6.4). Außerdem wurden die Forschungsfragen um Unterpunkte (a, b, c, d, e) ergänzt, die den jeweils betrachteten Aspekt spezifizieren. Die Ergebnisse zu den Forschungsfragen werden in Kapitel 15 in komprimierter Form entsprechend der in Tab. 1 dargestellten Aufteilung präsentiert.

Tab. 1: Übersicht der Forschungsfragen

ZENTRALE FORSCHUNGSFRAGE	
<b>1. Welche sozialen Verteilungswirkungen hätte die Internalisierung der externen Kosten der Bereiche Strom, Wärme und Mobilität in Deutschland...</b> a) ohne die Berücksichtigung der Einnahmenverwendung? (Bruttoperspektive) b) bei Einsatz des Ökobonus? (Nettoperspektive)	
UNTERGEORDNETE FORSCHUNGSFRAGEN	
<b>2. Welche einkommensspezifischen Unterschiede gibt es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität bei den...</b> a) Ausgaben? b) Energieverbräuchen? c) Schadstoffemissionen? d) externen Kosten? e) Internalisierungslücken?	
<b>3. Welche einkommensspezifischen Änderungen gab es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität von 2008 bis 2013 bei den...</b> a) Ausgaben? b) Energieverbräuchen? c) Schadstoffemissionen? d) externen Kosten? e) Internalisierungslücken?	
<b>4. Inwieweit sind die externen Kosten der betrachteten Energieträger/Verkehrsmittel in Deutschland bereits internalisiert? Liegen Internalisierungslücken vor?</b>	
<b>5. Welche einkommensspezifischen Auswirkungen hätte die Internalisierung der externen Kosten in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität auf die...</b> a) Preise? b) Energieverbräuche? c) Schadstoffemissionen? d) externen Kosten?	

Quelle: eigene Darstellung

## 4 Wirtschaftstheoretischer Hintergrund

### 4.1 Überblick

In diesem Kapitel wird auf den wirtschaftstheoretischen Hintergrund dieser Arbeit eingegangen. Dazu wird zunächst in Kapitel 4.2 in grundsätzlicher Form auf die Wohlfahrtsökonomik eingegangen. Daran anschließend werden die eine Form des Marktversagens darstellenden externen Effekte vor- und deren Auswirkungen dargestellt (Kapitel 4.3 und 4.4). Abschließend werden die Möglichkeiten zur Internalisierung präsentiert (Kapitel 4.5) und die wichtigsten Aussagen kurz zusammengefasst (Kapitel 4.6).

### 4.2 Wohlfahrtsökonomische Grundlage

Die wirtschaftstheoretische Grundlage der hier vorgenommenen Untersuchungen bildet die neoklassische Wohlfahrtsökonomik. Als deren Begründer gilt Arthur Cecil Pigou mit seinem 1920 veröffentlichten Werk „The Economics of Welfare“ (Pigou 1932 (1920)).<sup>27</sup> Die Grundannahme der Wohlfahrtsökonomie besteht darin, dass das Ziel der Ökonomie in der Maximierung der gesellschaftlichen Wohlfahrt (social welfare) liegt. Diese direkt zu messen erweist sich jedoch also äußerst schwierig beziehungsweise eigentlich unmöglich. Als Ersatzgröße für einen Teilbereich der gesellschaftlichen Wohlfahrt schlägt Pigou vor, die Einheit Geld zu verwenden:

*„The one obvious instrument of measurement available in social life is money. Hence, the range of our inquiry becomes restricted to that part of social welfare that can be brought directly or indirectly into relation with the measuring-rod of money.“ (Pigou 1932 (1920): I.1.5)*

Dadurch verengt sich die soziale Wohlfahrt allerdings nach Pigou auf die ökonomische Wohlfahrt (economic welfare). In dieser Arbeit wird im Folgenden jedoch – entsprechend der gängigen Benennung in der Literatur (vgl. zum Beispiel Sturm und Vogt 2011; Nordic Council of Ministers 2011) – weiterhin vereinfachend von „gesellschaftlicher Wohlfahrt“ gesprochen. Es sollte dabei aber im Kopf behalten werden, dass nur der über Geldeinheiten abbildbare Teilbereich der Wohlfahrt betrachtet wird.

Die Frage, wie gesellschaftliche Wohlfahrt maximiert werden kann, stellt den den zentralen Untersuchungsgegenstand der Wohlfahrtsökonomik dar. Unter sehr vielen restriktiven Annahmen, bietet hierauf der erste Hauptsatz der Wohlfahrtsökonomik (erstes Wohlfahrtstheorem) eine Antwort.<sup>28</sup> Dieser besagt, dass in einer Marktwirtschaft mit vollkommenen Wettbewerb jedes Wettbewerbsgleichgewicht ein Pareto-Optimum darstellt, also in diesem kein Marktteilnehmer besser gestellt werden kann

<sup>27</sup> Wobei wichtige Vorarbeiten, die man auch unter den Begriff der Wohlfahrtsökonomik fassen kann, unter anderem von Smith (1776), Walras (1874) und Pareto (1909) stammen. Eine Übersicht über die Entwicklung der Wohlfahrtsökonomik bietet beispielsweise Aronsson und Löfgren (2007).

<sup>28</sup> Dieser wurde zum ersten Mal in umfassender Weise von Lerner (1934) formuliert.

ohne dass ein anderer schlechter gestellt wird. Im Prinzip handelt es sich bei dem ersten Hauptsatz der Wohlfahrtsökonomik um eine Formalisierung des bereits von Adam Smith benannten Prinzips der „invisible hand“ (Smith 1776). Wie bereits erwähnt gilt er allerdings nur unter sehr vielen Einschränkungen. So muss beispielsweise vollkommener Wettbewerb vorherrschen; Einzelne dürfen nicht die Macht besitzen, den Marktpreis zu beeinflussen. Außerdem muss es sich um freie Märkte ohne Zutrittsbeschränkungen handeln. Eine weitere – und die für die vorliegende Arbeit relevante – Einschränkung des ersten Hauptsatzes der Wohlfahrtsökonomik stellt die Abwesenheit von externen Effekten dar. Darauf wird im folgenden Kapitel näher eingegangen.

### 4.3 Externe Effekte

Pigou definiert externe Effekte in „The Economics of Welfare“ folgendermaßen:

*„Here the essence of the matter is that one person A, in the course of rendering some service, for which payment is made, to a second person B, incidentally also renders services or disservices to other persons (not producers of like services), of such a sort that payment cannot be exacted from the benefited parties or compensation enforced on behalf of the injured parties.“ (Pigou 1932 (1920): II.IX.10)*

Eine dieser Beschreibung grundsätzlich entsprechende, aber stärker formalisierte Definition der externen Effekte bietet Michael Fritsch in seinem Buch „Marktversagen und Wirtschaftspolitik“:

*„In einer sehr allgemeinen Definition sind externe Effekte dann vorhanden, wenn in der Nutzen- bzw. Gewinnfunktion eines Akteurs A ( $U_A$ ) außer dessen eigenen Aktionsparametern ( $X_A^1, X_A^2, \dots, X_A^i$ ) mindestens eine Variable ( $Y$ ) enthalten ist, die nicht (vollständig) von A, sondern von einem (oder mehreren) anderen Akteur(en) kontrolliert wird; es gilt also*

$$U_A = U_A(X_A^1, X_A^2, \dots, X_A^i, Y).“ (Fritsch 2014: 80)$$

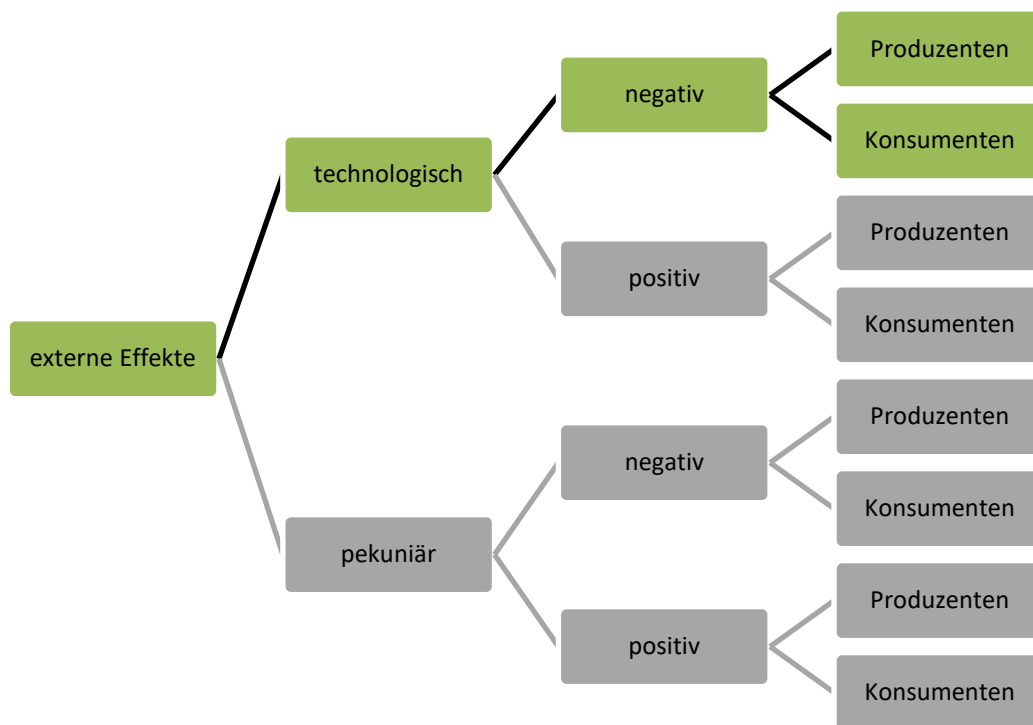
Die Definitionen von Pigou (1932 (1920)) und Fritsch (2014) fassen den Begriff der externen Effekte sehr weit, hat doch eigentlich jede wirtschaftliche Aktivität über die Veränderung von Preisen Auswirkungen auf andere Personen.<sup>29</sup> Deswegen werden die externen Effekte weiter unterteilt in pekuniäre und technologische externe Effekten (siehe Schaubild 10).<sup>30</sup> Pekuniäre externe Effekte sind insofern extern, als dass die von ihnen betroffene Seite kein Mitspracherecht bei der Entscheidungsfindung

<sup>29</sup> Zwar schließt Pigou in dieser Beschreibung „producers of like services“ und damit die direkte Konkurrenz aus, allerdings haben wirtschaftliche Aktivitäten nicht nur direkte Auswirkungen auf „producers of like services“, sondern indirekt auch auf Anbieter anderer Güter.

<sup>30</sup> Fritsch (2014: 81) führt außerdem auch noch psychologische externe Effekte auf, die beispielsweise darin bestehen, dass „Bewohner von Industrieländern [es] begrüßen [...], wenn sich der Lebensstandard in den Entwicklungsländern verbessert“ und dass ein Anwohner seinem Nachbar seine Luxuslimousine neidet. Diese Ausweitung der Definition externen Effekte auf psychologische Faktoren wird vom Autor dieser Arbeit eher skeptisch gesehen und deswegen nicht aufgenommen. Für die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ist dies jedoch nicht von Bedeutung.

über deren Inkraftsetzung hatte. Sie werden aber durch das Preissystem des Marktes automatisch internalisiert, sind deswegen gesamtgesellschaftlich betrachtet unproblematisch beziehungsweise für eine effiziente Wirtschaft sogar unerlässlich und kennzeichnend (Fritsch 2014: 81). Beispiele für pekuniäre externe Effekte sind das Auftreten eines billiger produzierenden Konkurrenzunternehmens oder der Rückgang der Nachfrage nach Schreibmaschinen durch die Erfindung und Verbreitung des Computers sowie die über Kreuzpreiselastizitäten vermittelten Nachfrageänderungen von anderen Gütern und Dienstleistungen. Alle drei Beispiele führen zu einer Nachfrageänderung bei den betroffenen Unternehmen, ohne dass diese ein Mitspracherecht gehabt hätten. Da sie aber kein Marktversagen darstellen und automatisch über den Marktpreis internalisiert werden, erfordern sie aus wohlfahrtstheoretischer Sicht kein staatliches Eingreifen.<sup>31</sup>

**Schaubild 10: Differenzierung der externen Effekte**



Quelle: eigene Darstellung

Technologische externe Effekte spiegeln sich hingegen nicht in den Marktpreisen wieder: „Der Preismechanismus, der normalerweise in einer Marktwirtschaft wirkt, ist hier außer Kraft gesetzt“ (Sturm und Vogt 2011: 18). Sie stellen damit eine Form des Marktversagens dar und sollten aus wohlfahrtstheoretischer Sicht internalisiert werden. Dabei können externe Effekte sowohl positiver als auch ne-

<sup>31</sup> Weswegen einige Autoren inzwischen dazu übergegangen sind pekuniäre externe Effekte gar nicht mehr unter dem Begriff externe Effekte zu fassen, sondern unter externen Effekten allein technologische externe Effekte zu verstehen. Siehe dazu zum Beispiel Feess und Seeliger (2013: 39). Hier wird jedoch im Sinne der Vollständigkeit der klassischen Einteilung gefolgt.

gativer Natur sein. Ein Beispiel für eine positive technologische Externalität ist ein Imker, dessen Bienen „unentgeltlich“ die Obstbäume eines benachbarten Obstbauers bestäuben und so zu höheren Erträgen führen. Aus wohlfahrtstheoretischer Sicht sollten positive externe Effekte – beispielsweise über Subventionen – internalisiert werden, da ansonsten eine zu geringe Menge des positiven Externalitäten verursachenden Gutes produziert wird. Eine negative technologische Externalität entsteht beispielsweise dann, wenn eine Stahlfabrik ihre Abwässer in einen Fluss einleitet und aufgrund dessen der Ertrag der angrenzenden Fischer zurückgeht und diese dafür keine Kompensation erhalten. Wie positive sollten natürlich auch negative technologische Externalitäten internalisiert werden.<sup>32</sup> Die beiden genannten Beispiele für technologische Externalitäten stellen dabei reine Produktionsexternalitäten dar; es sind also allein Produzenten betroffen. Den Gegenpol dazu bilden reine Konsumexternalitäten, bei denen nur Konsumenten betroffen sind. Ein klassisches Beispiel für eine solche Konsumexternalität stellt ein Raucher dar, der andere Personen durch den Rauch stört beziehungsweise durch das Passivrauchen möglicherweise sogar gesundheitlich schädigt. Neben diesen reinen Formen treten oft Mischformen auf, die sowohl Produzenten als auch Konsumenten betreffen. So könnte man beispielsweise das Beispiel der negativen externen Externalität durch das Abwasser der Stahlfabrik so verändern, dass es zusätzlich das Grundwasser kontaminiert und damit die Konsumenten schädigt. Bezüglich der Benennung solcher Mischformen gibt es momentan keine klare Konvention. Sie werden meist als Produktions- beziehungsweise Konsumexternalität bezeichnet, wobei sich das Präfix teilweise darauf bezieht, wer durch diese beeinflusst wird, und teilweise darauf, wer sie verursacht hat (Feess und Seeliger 2013: 40). Für die vorliegende Arbeit wird die Setzung vorgenommen, dass das Präfix sich auf den Verursacher bezieht, da dadurch nach Ansicht des Autors eine überschneidungsfreiere Definition ermöglicht wird. Denn ein externer Effekt kann letztlich nur von einer Quelle (Produktion, Konsum) ausgehen, kann aber andersherum gleichzeitig sowohl Produzenten als auch Konsumenten treffen. Allerdings hat diese Unterscheidung allenfalls semantische Auswirkungen auf die weitere Arbeit. Für sie ist letztlich entscheidend, dass der Gegenstand der vorliegenden Arbeit allein die negativen technologischen externen Effekten sind, unabhängig davon, ob sie bei der Produktion oder beim Konsum auftreten. Zwar werden die nachfolgenden Untersuchungen von der Konsumseite aus unternommen, enthalten sind jedoch aufgrund des gewählten Lebenszyklus-Ansatzes sowohl die bei der Produktion (zum Beispiel Stromerzeugung, PKW-Produktion, Vorketten der Energieträger) als auch die beim Konsum (zum Beispiel Heizen, Nutzung von PKW) entstehenden negativen technologischen externen Effekte. Zur besseren Lesbarkeit und in Übereinstimmung mit der gängigen Konvention werden die negativen technologischen Externalitäten außerhalb dieses Kapitels vereinfachend als externe Kosten bezeichnet.

---

<sup>32</sup> Zum Beispiel über (Pigou-)Steuern oder die Vergabe von Eigentumsrechten (Coase-Theorem). Siehe dazu Kapitel 4.5.



**DEFINITION**

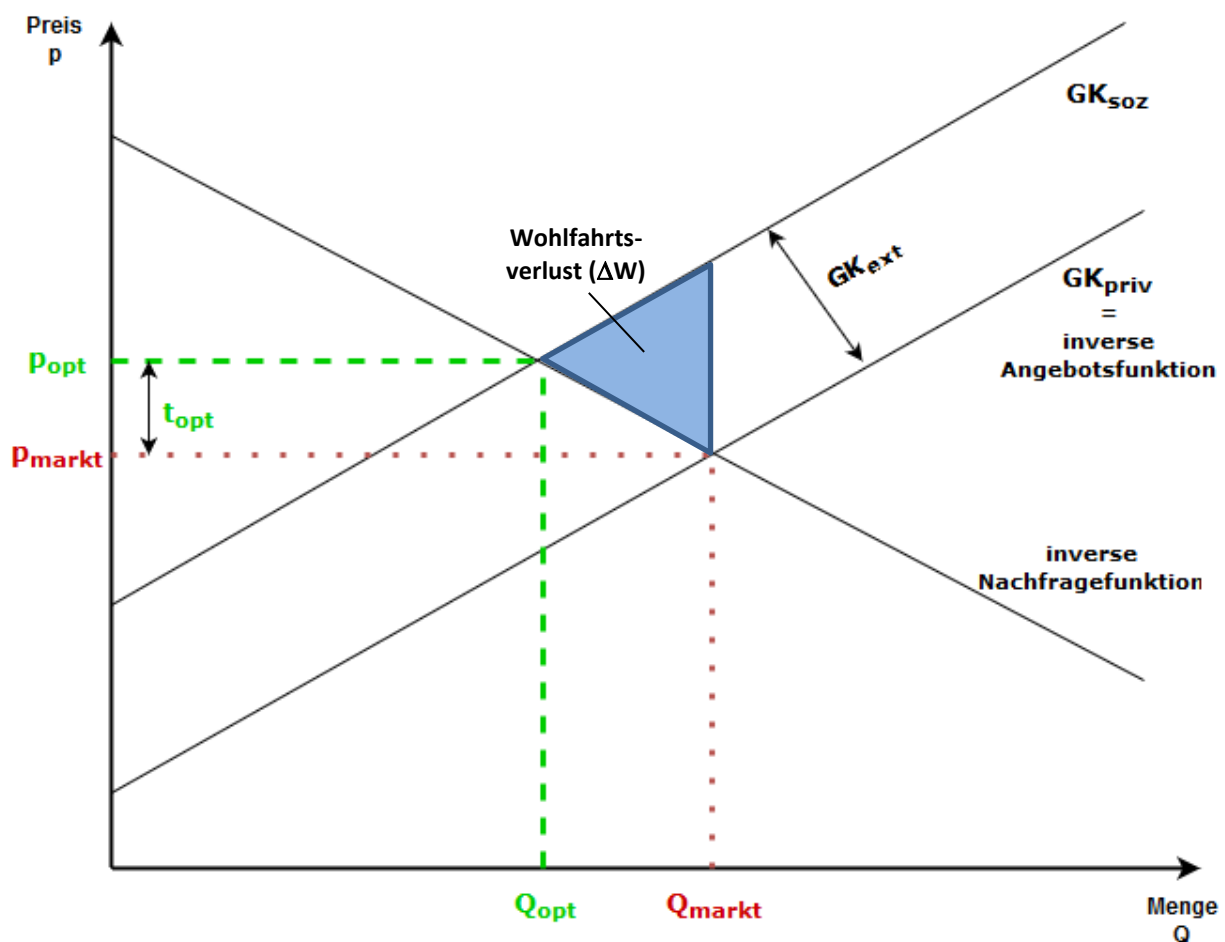
Externe Kosten sind in dieser Arbeit als negative technologische Externalitäten definiert. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie nicht von dem sie verursachenden Akteur getragen werden, sondern von Dritten, die dafür keinen Ausgleich erhalten (vgl. Mankiw und Taylor 2016: 333). Dabei können diese Dritte sowohl intra- als auch intergenerationeller Natur sein.

**4.4 Auswirkungen von externen Kosten auf Angebot und Preis**

Externe Kosten führen dazu, dass die privaten Grenzkosten der Produktion nicht mit den gesellschaftlichen Grenzkosten der Produktion übereinstimmen.<sup>33</sup> Die sozialen Grenzkosten ergeben sich aus der Addition der privaten Grenzkosten und externen Grenzkosten.

$$GK_{soz} = GK_{priv} + GK_{ext}$$

Schaubild 11: Gesellschaftlich optimale Lösung der Internalisierung externer Kosten



Quelle: eigene Darstellung

<sup>33</sup> Die Darstellung der Auswirkungen externer Effekte (Kapitel 4.4) und die Internalisierung über die Pigou-Steuer (Kapitel 4.5) folgt in ihrer Argumentationslogik in weiten Teilen der Darstellung der Publikation von Sturm und Vogt (2011: 15-25).

Die Auswirkungen des Unterschieds zwischen sozialen und privaten Grenzkosten sind in einfacher Form in Schaubild 11 dargestellt. Da die inverse Angebotsfunktion (beispielsweise der Stahlbranche) allein die privaten Grenzkosten der Produktion beinhaltet ( $GK_{priv}$ ), nicht jedoch die externen Grenzkosten ( $GK_{ext}$ ; beispielsweise Gesundheitsschäden durch Emissionen), wird von dem externen Kosten verursachenden Gut (Stahl) eine höhere Menge ( $Q_{markt}$ ) abgesetzt, als gesellschaftlich optimal wäre. Der sich einstellende Marktpreis ( $p_{markt}$ ) spiegelt nicht die sozialen Kosten der Produktion ( $GK_{soz}$ ) wider, sondern allein die privaten Grenzkosten der Produktion ( $GK_{priv}$ ; beispielsweise die der Stahlfabrik). Es liegt ein Wohlfahrtsverlust vor ( $\Delta W$ ). Der gesellschaftlich optimale Preis ( $p_{opt}$ ) und die gesellschaftlich optimale Absatzmenge ( $Q_{opt}$ ) stellen sich hingegen dann ein, wenn die inverse Angebotsfunktion auf den sozialen Grenzkosten ( $GK_{soz}$ ) der Produktion beruht. In diesem Fall liegt erhöht sich die Wohlfahrt um den zuvor bestehenden Wohlfahrtsverlust ( $\Delta W$ ). Erreicht werden kann dies beispielsweise über die Einführung einer Pigou-Steuer ( $t_{opt}$ ). Die gesellschaftliche optimale Menge ist bei vorhandenen externen Kosten dann kleiner und der gesellschaftlich optimale Preis liegt um die Pigou-Steuer höher. Auf die Frage, wie eine Internalisierung umgesetzt werden kann, wird im nachfolgenden Kapitel näher eingegangen.

#### 4.5 Internalisierung externer Kosten

Für eine gesellschaftlich optimale Lösung sollten also – wie in Kapitel 4.4 erläutert – externe Kosten internalisiert werden. Nun stellt sich allerdings die Frage, wie diese Internalisierung bewerkstelligt werden kann. Ronald H. Coase (1960) stellte diesbezüglich in seinem Aufsatz „The Problem of Social Costs“ die These auf, dass dafür theoretisch gar keine staatlichen Eingriffe in das Marktgeschehen notwendig wären. Die betroffenen Akteure würden die externen Kosten mittels Verhandlungen untereinander selbstständig lösen. Dabei sei es unerheblich, wie die Verfügungsrechte verteilt sind; also ob beispielsweise die Fabrik die Luftverschmutzungsrechte oder der von der Luftverschmutzung betroffene Anwohner das Recht auf saubere Luft besitzt. In beiden Fällen würden die betroffenen Parteien über Verhandlungen zu einem gesellschaftlich optimalen Marktgleichgewicht gelangen (Coase 1960: 8). Diese unter dem Namen „Coase-Theorem“ bekannte These gilt allerdings nur unter sehr strikten Annahmen. Die zwei wichtigsten Annahmen werden im Folgenden kurz erläutert.

Erstens werden beim Coase-Theorem keine Transaktionskosten berücksichtigt. Bei so komplexen Sachverhalten wie beispielsweise der Emission von THG würden solche jedoch in beträchtlicher Höhe auftreten. Lügen die Transaktionskosten dabei über den durch die Verhandlungslösung erwarteten Effizienzgewinnen, so findet keine Verhandlung und damit auch keine Internalisierung statt (vgl. Sturm und Vogt 2011: 43f).

Zweitens setzt das Coase-Theorem bei den betroffenen Akteuren vollständige Informationen über den externen Effekt voraus. Zum einen müssen die Akteure wissen, dass und von wem sie geschädigt werden. Zum anderen müssen außerdem auf beiden Seiten (Geschädigter und Verursacher) die genauen Kosten und Nutzen der Schadensvermeidung bekannt sein. Ist dies nicht der Fall, haben die jeweiligen Parteien aus ökonomisch rationaler Sicht den Anreiz, ihre Schäden und Nutzen entweder zu unter- oder zu übertreiben, was letztlich zu ineffizienten Verhandlungsergebnissen führt (vgl. Sturm und Vogt 2011: 44f). Hinzu kommt, dass bei den betroffenen Parteien Klarheit darüber bestehen muss, wer welche Verfügungsrechte besitzt. Zwar ist die Besitzfrage aus Effizienzgesichtspunkten unerheblich; für die Verhandlung zwischen den Parteien ist es aber ein entscheidender Punkt, ob Partei A Partei B entschädigen muss oder umgekehrt. Zudem hängen von der Zuteilung der Verfügungsrechte die Verteilungswirkungen der Internalisierung ab: Besitzt die Fabrik das Recht zur Luftverschmutzung, müsste der Anwohner der Fabrik die Luftverschmutzungsrechte abkaufen und es würde ein Verteilungseffekt zu Ungunsten des potenziell geschädigten Anwohners auftreten. Diese Zuteilungsform wird als „Laissez-faire-Regel“ bezeichnet (vgl. Sturm und Vogt 2011: 45). Besitzt hingegen der Anwohner das Recht auf saubere Luft, müsste die Fabrik als potenzieller Schädiger ihm dieses Recht abkaufen und es würde ein Verteilungseffekt zu Gunsten des potenziell Geschädigten entstehen. Die Fabrik müsste also für die durch die verursachten Schäden haften, weswegen diese Zuteilungsform auch als „Haftungsregel“ bezeichnet wird (vgl. Sturm und Vogt 2011: 45).

Die in der Realität nicht erfüllten strikten Annahmen des Coase-Theorems führen dazu, dass der sich selbst überlassende Markt nicht immer für eine Internalisierung der externen Kosten sorgt. Müller (2014) hält diesbezüglich fest:

*„Alles in allem lässt sich feststellen, dass die Internalisierung durch Verhandlungen zwar eine theoretisch reizvolle Lösung darstellt, praktisch aber mit derartig gravierenden Problemen verbunden ist, dass sie wohl nur in Ausnahmefällen anwendbar ist.“ (Fritsch 2014: 123)*

Der Markt alleine sorgt also nicht für eine umfassende Internalisierung der externen Kosten. Um dies zu gewährleisten, sind staatliche Eingriffe notwendig. Grundsätzlich bieten sich dafür zwei marktwirtschaftliche Instrumente an: Erstens kann versucht werden, die Defizite des Coase-Theorems bezüglich der nicht erfüllten Annahmen durch staatliche Eingriffe zu beseitigen beziehungsweise zu mindern. Konkret geschieht dies über die Verteilung handelbarer Schädigungsrechte, wie beispielsweise beim Europäischen Emissionshandel (EU-ETS, siehe Kapitel 7.8.1.3). Beim EU-ETS sind die Beteiligten klar benannt und die – zunächst entweder durch staatliche Zuteilung („Grandfathering“) erhaltenen oder bei einer Auktion erworbenen – Verschmutzungsrechte (CO<sub>2</sub>-Zertifikate) können über einen klar definierten Mechanismus untereinander gehandelt werden. Dies führt – im Vergleich zur Situation ohne staatliches Eingreifen – zu klaren Verfügungsrechten und sinkenden Transaktionskosten. Zweitens

kann der Staat zur Internalisierung der externen Kosten eine Steuer erheben. Eine solche Steuer wird nach Arthur C. Pigou (1932 (1920): II.XI), der sie in seinem bereits erwähnten Werk „The Economics of Welfare“ ausführlich beschrieb, als „Pigou-Steuer“ bezeichnet. Das Ziel der Pigou-Steuer ist es, den bei der Produktion bislang kostenlos in Anspruch genommenen Faktoren einen Preis zu geben. Dadurch werden sie Teil der Produktionskostenfunktion der Unternehmen.<sup>34</sup>

Im Folgenden werden die Internalisierungswirkungen anhand der Pigou-Steuer illustriert, da dies aufgrund der konsumzentrierten Perspektive und vor dem Hintergrund der zumindest als problematisch einzustufenden Erfahrungen mit dem EU-ETS (siehe Kapitel 7.8.1.3) aus Sicht des Autors die naheliegender und – auch in einem nationalen Alleingang – einfacher umzusetzende Internalisierungsmethode darstellt.<sup>35</sup> Die grundsätzlichen Mechanismen sind jedoch bei den auf dem Coase-Theorem basierenden Schadensrechte-Handelssystemen identisch; nur dass bei diesen nicht die Höhe des Steuersatzes die Steuerungsvariable darstellt, sondern die Verschmutzungsmenge (vgl. Mankiw und Taylor 2016: 351).

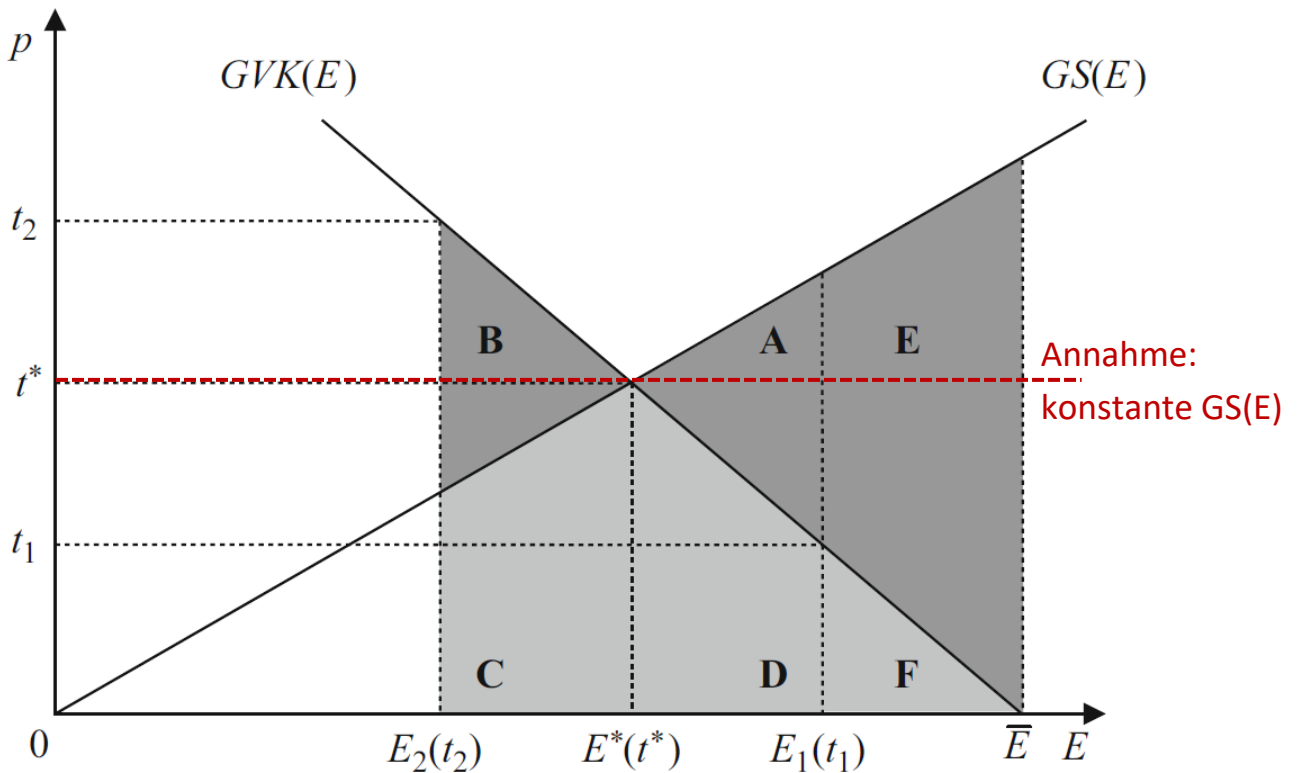
Um die optimale, die Gesamtwohlfahrt maximierende Höhe der Pigou-Steuer festzustellen, müssen zum einen die gesamtwirtschaftlichen Schadenskosten ( $S(E)$ ) und zum anderen die gesamtwirtschaftlichen Vermeidungskosten ( $VK(E)$ ) betrachtet werden. Im Folgenden wird dies am Beispiel der Emission eines umweltschädlichen Schadstoffes erläutert. Bei den gesamtwirtschaftlichen Schadenskosten handelt es sich um die durch die Schadstoffemission ausgelösten externen Kosten, zum Beispiel Gesundheitsschäden oder Produktionsausfälle. Die gesamtwirtschaftlichen Vermeidungskosten spiegeln die Kosten wider, die die Vermeidung dieser externen Kosten verursachen würde, also beispielsweise die Kosten des Einbaus eines Filters. Die optimale Höhe der Pigou-Steuer ( $t^*$ ) ergibt sich aus wohlfahrtstheoretischer Sicht dann aus dem Schnittpunkt der Grenzvermeidungskosten ( $GVK(E)$ ) und der Grenzschadenskosten ( $GS(E)$ ) der betrachteten negativen Externalität. In Schaubild 12 ist dies für die Emission eines beliebigen Schadstoffes ( $E$ ) dargestellt. Im Schnittpunkt entsprechen die Grenzvermeidungskosten ( $GVK(E)$ ) den Grenzschadenskosten ( $GS(E)$ ), es ergeben sich die optimale Emissionsmenge ( $E^*$ ) und der optimale Steuersatz ( $t^*$ ). Würde man den Steuersatz höher wählen (beispielsweise entsprechend  $t_2$ ), so lägen die GVK höher als die GS und es entstünde im Vergleich zum optimalen Steuersatz ( $t^*$ ) ein Wohlfahrtsverlust (Bereich B in Schaubild 12). Würde hingegen ein zu niedriger Steuersatz angesetzt ( $t_1$ ), so lägen die GS höher als die GVK und es entstünde ebenfalls ein Wohlfahrtsverlust (Bereich A).

---

<sup>34</sup> Über diese beiden marktwirtschaftlichen Instrumente hinaus gibt natürlich noch weitere – beispielsweise ordnungsrechtliche – Instrumente zur Internalisierung externer Kosten. Einen Überblick darüber bietet beispielsweise Fritsch (2014: 101-135).

<sup>35</sup> Für weitere Überlegungen zur Frage der konkreten Instrumente zur Umsetzung der Internalisierung siehe Kapitel 14.3.

Schaubild 12: Gesellschaftlich optimale Lösung der Bestimmung des Pigou-Steuersatzes



Quelle: basierend auf Sturm und Vogt 2011: 70; erweitert um konstante GVK(E) (rot)

In dem hier in Schaubild 12 betrachteten grafischen Beispiel werden – entsprechend der gängigen Vorgehensweise (vgl. Breitschopf und Diekmann 2010; Nordic Council of Ministers 2011) – konstant abnehmende GVK und konstant zunehmender GS unterstellt ( $GVK'(E) < 0$ ;  $GS'(E) > 0$ ).

Die Annahme abnehmender GVK ( $GVK'(E) < 0$ ) lässt sich beispielsweise durch Skaleneffekte (economies of scale) begründen. Dahingegen spricht beispielsweise die Annahme der „low-hanging-fruits“ für zunehmende GVK. Die Annahme der „low-hanging-fruits“ besagt, dass zunächst die günstigsten Reduktionsmaßnahmen ergriffen werden und die Maßnahmen deswegen bei zunehmender Reduktion pro reduzierter Einheit immer teurer werden.

Zunehmende GS ( $GS'(E) > 0$ ) beruhen auf der Annahme, dass die Schädlichkeit überproportional mit zunehmendem Ausstoß und zunehmender Konzentration steigt. Für global wirkende Schadstoffe beruht sie auf nationaler Ebene außerdem auf der Annahme, dass die über die Steuer ausgelöste Reduktion eines Schadstoffes einen nennenswerten Einfluss auf die globalen Gesamtemissionen des jeweiligen Schadstoffes hat. Bei gesamtplanetaren Betrachtungen ist die zweite Annahme unproblematisch. Bei der Betrachtung von kleineren Einheiten (zum Beispiel Deutschland) gilt sie jedoch nicht, da die durch die Steuer ausgelöste Reduzierung der Emission global betrachtet nur wenig ins Gewicht fällt.

Bereits aus theoretischer Sicht ist also nicht eindeutig, welchen Verlauf die GVK und GS haben müssten. In der Realität stellt sich die Ermittlung derselben als noch schwieriger heraus, da es vollständige

Informationen sowohl über die Produktionskosten, als auch über die ausgelösten Schäden voraussetzt. Für die vorliegende Untersuchung wird aufgrund des Fehlens differenzierterer Daten vereinfachend angenommen, dass bei allen betrachteten externen Effekten konstante GS vorliegen (siehe rote Linie in Schaubild 12). Die externen GS ändern sich also durch den steuerlichen Eingriff nicht (siehe Kapitel 6.5.5). Unter dieser Annahme ist der ideale Steuersatz  $t^*$  identisch mit der Höhe der GS ( $GS(E)=t^*$ ), da die GS eine Steigung von 0 aufweist.

Die Annahme konstanter GS stellt natürlich eine Ungenauigkeit dar, die sich aber in Ermangelung exakterer Daten nicht vermeiden ließ. Der Umstand, dass durch die Internalisierung der externen Kosten die betrachteten Schadstoffe nicht vollumfänglich, sondern nur zu einem Teil reduziert werden (siehe Kapitel 4.5), schränkt das Ausmaß der Ungenauigkeit jedoch etwas ein. Bei den THG kommt hinzu, dass diese – wie im Abschnitt zuvor erwähnt – globale Umweltwirkungen verursachen und eine Reduktion des deutschen Anteils alleine voraussichtlich tatsächlich zunächst kaum Auswirkungen auf die GS hätte. Trotzdem bleibt festzuhalten, dass hier noch weiterer Forschungsbedarf besteht und die in Kapitel 6.5.5 vorgestellten Kostensätze regelmäßig überprüft werden sollten.

Ein weiterer Umstand bezüglich einer Internalisierung externer Kosten lässt sich ebenfalls in Schaubild 12 deutlich erkennen, nämlich dass auch eine teilweise Internalisierung der externen Effekte im Vergleich zu einer Situation ohne Internalisierung zu Wohlfahrtsgewinnen führt. In einer Situation ohne Internalisierung ( $t=0$ ) ergibt sich ein Wohlfahrtsverlust im Vergleich zur optimalen Situation, der der Aufsummierung der Bereiche A und E entspricht. Durch die teilweise Internalisierung mittels des Steuersatzes  $t_1$  wird nun ein Wohlfahrtsgewinn erzielt, der dem Bereich E entspricht. Sogar eine übermäßige Internalisierung mittels des Steuersatzes  $t_2$  wäre im in Schaubild 12 dargestellten Beispiel einer komplett fehlenden Internalisierung vorzuziehen; der Wohlfahrtsgewinn entspräche dem um den Flächeninhalt des Bereichs B bereinigten Flächeninhalt der Bereiche A und E. Dies macht deutlich, dass eine absolute Genauigkeit bei der Bestimmung des Steuersatzes zwar natürlich die First-Best-Lösung darstellt, es jedoch auch ohne die Möglichkeit dieser genauen Bestimmung einen Spielraum für Wohlfahrtsverbesserungen gibt, der den gesamten Bereich der Teilinternalisierung umfasst und sogar bis zu einem gewissen Maß eine übermäßige Internalisierung einschließt.<sup>36</sup>

## 4.6 Zusammenfassung

Externe Kosten stellen eine Form des Marktversagens dar und sollten aus Sicht der Wohlfahrtsökonomik internalisiert werden, da dadurch die gesellschaftliche Wohlfahrt gesteigert würde (siehe Kapitel 4.4). Wenn eine Internalisierung der Markt alleine nicht zu einer Internalisierung führt, lässt sich

---

<sup>36</sup> Wie hoch genau diese übermäßige Internalisierung maximal sein darf um noch eine Wohlfahrtsverbesserung zu keiner Internalisierung darzustellen, hängt von der genauen Steigung der GVK und GS ab, deren Ermittlung, wie bereits erwähnt, extrem schwierig ist.

eine solche auch über staatliche Eingriffe erreichen. Dazu kommen beispielweise auf dem Coase-Theorem basierende Handelssysteme oder eine Pigou-Steuer in Betracht. Wie in Kapitel 4.4 gezeigt, würde die Internalisierung mittels einer Pigou-Steuer zu einer Preiserhöhung des schadstoffemittierenden Guts und dadurch zu einem neuen Marktgleichgewicht mit einem niedrigerem Output des Guts führen, wodurch auch der Schadstoffausstoß reduziert würde. Die genaue Bestimmung des idealen Pigou-Steuersatzes  $t^*$  stellt sich jedoch als überaus anspruchsvolle Aufgabe heraus, da für diesen sowohl der Verlauf der GVK als auch der Verlauf der GS des betreffenden Schadstoffes bekannt sein müssten. In der vorliegenden Arbeit wird angenommen, dass die GS konstant sind und der ideale Pigou-Steuersatz ( $t^*$ ) deswegen den GS entspricht (siehe Kapitel 4.5). Die daraus entstehende Ungenauigkeit wird dadurch etwas relativiert, dass bei bestehenden Internalisierungslücken jede Teilinternalisierung eine Wohlfahrtsverbesserung darstellt und sogar eine übermäßige Internalisierung – bis zu einem gewissen Grad – eine Wohlfahrtsverbesserung im Vergleich zum Status Quo verursacht (siehe Kapitel 3.3.2.3 und 4.5).





## 5 Stand der Forschung

### 5.1 Überblick

Die Darstellung des Forschungsstands konzentriert sich auf die zentrale Forschungsfrage der Verteilungswirkungen einer Internalisierung der externen Effekte auf die privaten Haushalte in Deutschland.<sup>37</sup> Welche Verteilungswirkungen die Internalisierung externer Effekte hat, beschäftigt die Forschung schon seit geraumer Zeit. Dabei lassen sich diese Verteilungswirkungen aus drei unterschiedlichen beziehungsweise aufeinander aufbauenden Perspektiven betrachten:

1. Die finanzielle Bruttoperspektive der Internalisierung, in der allein die finanziellen Belastungswirkungen der Internalisierung betrachtet werden. In der Bruttoperspektive sind alle Betroffenen – wenn auch in unterschiedlicher Höhe – Belastungen ausgesetzt.
2. Die finanzielle Nettoperspektive der Internalisierung, in der die durch die Verwendung der Internalisierungseinnahmen entstehenden finanziellen Entlastungswirkungen von den finanziellen Belastungswirkungen abgezogen und damit die Nettoverteilungswirkungen berechnet werden (Nettoverteilungswirkungen = Bruttobelastung – Entlastung). Die Nettoverteilungswirkungen können sowohl positiv als auch negativ sein.<sup>38</sup>
3. Die Umweltbelastungsperspektive der Internalisierung, in der die Verteilungen der durch die Internalisierung ausgelösten Verminderungen der Umweltbelastungen betrachtet werden.

Im Fokus dieser Arbeit stehen die ersten beiden Perspektiven, weswegen im Folgenden auch nur diese beiden Punkte behandelt werden.<sup>39</sup> In Kapitel 5.2 wird die Bruttoperspektive behandelt, in Kapitel 5.3 die Nettoperspektive. Daran anschließend werden in Kapitel 5.4 mit der Ökologischen Steuerreform und der Energiewende zwei der wichtigsten Instrumente der deutschen Umweltpolitik bezüglich ihrer Verteilungswirkungen untersucht. Abschließend wird näher auf den Ökobonus – das in dieser Arbeit für die Einnahmenverwendung gewählte Instrument – eingegangen.

<sup>37</sup> Die Behandlung der untergeordneten Forschungsfragen, also zum Beispiel die einkommensspezifischen Verbrauchsunterschiede, würde an dieser Stelle zu weit führen. Im Zuge des Vergleichs mit anderen Studien in Kapitel 13 und in der Diskussion der Ergebnisse in Kapitel 14 wird darauf jedoch in gewissem Maße eingegangen.

<sup>38</sup> Zur besseren Lesbarkeit wird der Begriff Nettoverteilungswirkung in dieser Arbeit teilweise auch abgekürzt als Nettowirkung bezeichnet.

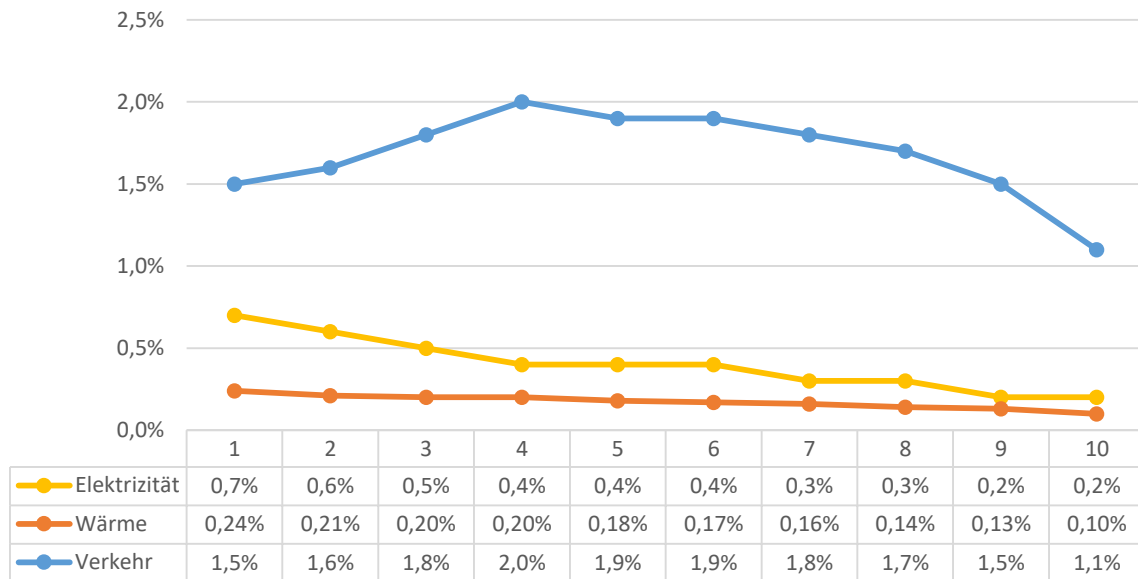
<sup>39</sup> Grundsätzlich ist bezüglich der Verminderungswirkungen der Umweltbelastungen anzunehmen, dass ärmere Haushalte stärker von Umweltbelastungen betroffen sind als reichere, da sie weniger Möglichkeiten besitzen sich diesen Wirkungen zu entziehen. Eine Verringerung der Umweltbelastungen würde deswegen voraussichtlich ärmeren Haushalten stärker zu Gute kommen, als reicheren. Im Rahmen dieser Arbeit war es aber nicht möglich, ausführlich auf diese Frage einzugehen. Einen Überblick über den Forschungsstand bezüglich der sozialen Verteilung der Umweltqualität beziehungsweise den negativen Umweltwirkungen bietet beispielsweise die Studie Pye et al. (2008: 10-25).

## 5.2 Finanzielle Belastungswirkungen der Internalisierung externer Kosten

In einer Metastudie über die Verteilungswirkungen hält Stefan Steck bereits im Jahr 1999 fest, dass die Einführung von CO<sub>2</sub>- und Energiesteuern in OECD-Ländern in der Bruttoperspektive zu regressiven Belastungswirkungen führen würde und durch sie ärmere Haushalte relativ zu deren Einkommen gesehen stärker belastet würden als reichere Haushalte (Speck 1999: 666). In einer neueren Metastudie von Büchs et al. aus dem Jahr 2011 über die Verteilungswirkungen von Maßnahmen zur Vermeidung des Klimawandel kommen die Autoren bezüglich der Bruttoverteilungswirkungen zu einer gleichlautenden Schlussfolgerung: „The literature exhibits a broad consensus that climate change mitigation policies usually have regressive effects [...]” (Büchs et al. 2011: 298). Auch die im Jahr 2016 veröffentlichte Metastudie von Wang et al. kommt bezüglich der Verteilungswirkungen einer CO<sub>2</sub>-Besteuerung in entwickelten Ländern grundsätzlich zum gleichen allgemeinen Fazit: „Most studies that focus on developed countries show that the carbon tax is regressive” (Wang et al. 2016: 1127).

Wang et al. schränken diese Aussage jedoch etwas ein: So würden beispielsweise Studien für Neuseeland und Italien neutrale und für Spanien und Australien sogar leicht progressive Verteilungswirkungen einer CO<sub>2</sub>-Besteuerung zeigen (Wang et al. 2016: 1127). Außerdem stellen sowohl Wang et al. (2016: 1127) als auch Büchs et al. (2011: 291) fest, dass die Verteilungswirkungen sich zwischen den Energienutzungsarten unterscheiden: So würden die untersuchten Studien zeigen, dass die Verteilungswirkungen bei der Haushaltsenergie (Kochen, Heizen, Beleuchtung, etc.) tendenziell regressiv sind, während sie bei Verkehrskraftstoffen (transport fuels) schwach progressiv sind. Als eine wichtige Quelle für diese Erkenntnis ziehen Wang et al. (2016) eine Studie von Flues und Thomas (2015) heran. Flues und Thomas vergleichen darin für 21 OECD-Länder die Verteilungswirkungen von Energiesteuern relativ zum Nettoeinkommen und aufgeteilt nach Einkommensdezilen. Für Deutschland sind die Ergebnisse dieser Studie differenziert in die Bereiche Elektrizität, Wärme und Verkehr in Schaubild 13 aufgeführt (Flues und Thomas 2015: 21/27/31). Während bei den Bereichen Wärme und Elektrizität ein klar regressiver Zusammenhang zu erkennen ist, weist der Verkehrsbereich vom ersten bis vierten Dezil zunächst einen progressiven, danach jedoch ebenfalls einen regressiven Verlauf auf.

**Schaubild 13: Bruttoverteilungswirkungen durch Energiebesteuerung**  
(X: Einkommensdezile; Y: % an Nettoeinkommen)



Quellen: Flues und Thomas 2015: 21/27/31; eigene Darstellung

Der bestehende Forschungsstand bezüglich der Bruttoperspektive der Internalisierung externer Kosten des Konsums lässt also vermuten, dass eine Internalisierung in Deutschland voraussichtlich regressive Belastungswirkungen hätte. Dies gilt für alle betrachteten Energiebereiche, wobei im Verkehrsbe- reich vor allem die Mittelschicht stark betroffen wäre.

Neben der im nachfolgenden Kapitel behandelten Einnahmenverwendung stehen zur Minderung oder sogar Umkehrung der regressiven Belastungswirkung für private Haushalte auch verschiedene Mög- lichkeiten auf Seiten der Internalisierung zur Verfügung. In einer Veröffentlichung der European En- vironmental Agency werden folgende Möglichkeiten aufgezählt (EEA 2011: 17-20):

- **Ermäßigte Steuersätze/ Steuerbefreiungen:** Bestimmte Einsatzzwecke oder Verbrauchergruppen müssen nur reduzierte oder gar keine Steuern zahlen. Damit dies progressive Verteilungswirkun- gen zur Folge hat, muss der betreffende Steuergegenstand von ärmeren Haushalten stärker nach- gefragt werden als von reicheren. Als Beispiel werden hier die in Deutschland von 2003 bis 2007 geltenden ermäßigten Steuersätze für elektrische Nachtspeicheröfen und ermäßigte Steuersätze für den ÖPNV genannt.
- **Progressive Steuertarife:** Statt eines einheitlichen Steuersatzes wird der Steuertarif progressiv aus- gestaltet. Als konkretes Beispiel wird eine vom Forum Ökologisch Soziale Marktwirtschaft (FÖS) vorgeschlagene progressive Stromsteuer genannt, bei der niedrige Stromverbräuche mit 0,5 Ct/kWh, durchschnittliche Stromverbräuche mit 2 Ct/kWh und hohe Stromverbräuche mit 4 Ct/kWh besteuert werden (FÖS 2008: 11). Unter der Annahme, dass ärmere Haushalte weniger

Strom verbrauchen als reichere, führt dies zu einer progressiveren Belastung als einheitliche Steuersätze.

- **Steuerfreier Grundverbrauch:** Ein festgelegter Grundverbrauch ist steuerbefreit. Dies beruht wie zuvor auf der Annahme, dass ärmere Haushalte absolut gesehen weniger verbrauchen als reichere. Im Prinzip handelt es sich auch um einen progressiven Steuertarif. Als Beispiel wird die Stromsteuer in den Niederlanden genannt, bei der im Jahr 2008 ein Steuerfreibetrag von 199 Euro gewährt wurde (EEA 2011: 18).
- **Auswahl eines „progressiven“ Steuergegenstands:** Es werden nur solche Bereiche besteuert, die eine progressive Verteilungswirkung aufweisen. Als Beispiel wird die Besteuerung des Flugverkehrs genannt, der deutlich überproportional von wohlhabenden Haushalten genutzt wird (siehe zum Beispiel Aasness und Larsen 2002).

Durch die aufgezählten Instrumente wäre also bereits im Rahmen der Internalisierung eine Minderung der regressiven oder vielleicht sogar eine progressive Verteilungswirkung erreichbar. Allerdings haben solche Instrumente negative Auswirkungen auf die ökologische Wirksamkeit der Internalisierung, beispielsweise durch eine unvollständige Internalisierung geringer Verbräuche oder den Ausschluss kompletter Bereiche. Um eine möglichst vollständige und effiziente Internalisierung der externen Kosten zu erreichen, sollten die Internalisierungsinstrumente unabhängig von den in der Bruttoperspektive auftretenden Belastungswirkungen – egal ob regressiv oder progressiv – konzipiert werden. Die Effizienz der Internalisierung ist jedoch unabhängig davon, wie die Einnahmen der Internalisierungsmaßnahmen verwendet werden. Deswegen wird im folgenden Kapitel darauf eingegangen, inwiefern durch die Verwendung der Einnahmen einer regressiven Verteilungswirkung entgegengewirkt werden kann.

### **5.3 Finanzielle Nettoverteilungswirkungen der Internalisierung externer Kosten**

Soweit durch die Internalisierung der externen Kosten Einnahmen generiert werden (zum Beispiel über eine CO<sub>2</sub>-Steuer oder eine Versteigerung innerhalb eines Emissionshandels), stehen den finanziellen Belastungen Einnahmen gegenüber, die wiederum für verschiedene Einsatzzwecke verwendet werden können. Grundsätzlich lässt sich zunächst danach unterscheiden, ob die Einnahmen aus der Internalisierung der externen Kosten als zusätzlich – und damit ohne Zweckbindung – in den Gesamthaushalt einfließend angesehen werden, oder diese direkt einem bestimmten Einsatzzweck zugordnet werden. Durch ein direktes „Recycling“ der Einnahmen kann dabei dem Verdacht entgegengewirkt werden, die Internalisierung der externen Kosten diene der Erhöhung der Staatseinnahmen. Damit kann die Akzeptanz der Internalisierungsmaßnahmen in der Bevölkerung erhöht werden. Es kann zwischen folgenden

hauptsächlich Einsatzzwecken beziehungsweise Instrumenten zum Recycling der Einnahmen unterschieden werden:<sup>40</sup>

- a) Gleichmäßige Senkung der Staatseinnahmen: Der Einsatzzweck besteht darin, die bestehenden Staatseinnahmen prozentual gleichmäßig in Höhe des Gesamtbetrags der durch die Internalisierung der externen Kosten erzielten Einnahmen zu senken. Da der Faktor Umwelt durch die Internalisierung stärker belastet wird, bleibt im Ergebnis eine im Vergleich zu vorher verhältnismäßig höhere Belastung des Faktors Umwelt im Vergleich zu den Faktoren Arbeit und Kapital bestehen.
- b) Fiskalische Reform: Die Einnahmen werden dazu verwendet, um bislang aus wohlfahrtstheoretischer Sicht ineffiziente verzerrende Steuern zu senken, wie zum Beispiel die progressive Einkommenssteuer. Oft ist dieser Einsatzzweck mit der Idee einer Umsteuerung der Finanzierung des Staates weg von ökonomischen „Goods“ (Arbeit, Kapital) hin zu ökologischen „Bads“ (Umweltbelastungen) verbunden, muss es aber nicht sein. Durch diese Maßnahme könnte eine sogenannte „ökonomische Doppeldividende“ erreicht werden, da neben der durch die Internalisierung der externen Effekte erreichten Effizienzverbesserungen auch eine Effizienzverbesserung durch die Senkung verzerrender Steuern und damit eine kosteneffizientere Erzielung der Staatseinnahmen erreicht würde (vgl. Zhang und Baranzini 2004: 509f).
- c) Finanzierung umweltpolitischer Maßnahmen: Die Einnahmen werden für umweltpolitische Maßnahmen eingesetzt, wie zum Beispiel für Umweltprojekte oder für die Förderung von Forschung und Entwicklung im Umweltbereich. Hierdurch ließe sich potenziell eine sogenannte „ökologische Doppeldividende“ erzielen. Die Umwelt würde also zum einen durch die Internalisierung und zum anderen durch die weiteren umweltpolitischen Maßnahmen entlastet.
- d) Kompensation der Belastungswirkungen der Internalisierung: Bei diesem Einsatzzweck sollen die durch die Internalisierung ausgelösten Belastungen kompensiert werden. Prinzipiell lässt sich zwischen drei verschiedenen Ansätzen unterscheiden: Erstens könnte eine den Belastungen entsprechende Entlastung angestrebt werden, wodurch jeder Belastete genau so viel zurückbekommt, wie er für die Internalisierung gezahlt hat. Insgesamt bliebe also durch die Internalisierung allein die Änderung der relativen Preise bestehen. Zweitens könnten die Einnahmen in Form eines pauschalen Betrags, der den durchschnittlichen Internalisierungseinnahmen entspricht, rückverteilt werden. Im deutschen Kontext wird diese pauschale Rückverteilung als „Ökobonus“, im englischen als „lump sum redistribution“ bezeichnet (siehe Kapitel 5.5).<sup>41</sup> Schließlich ist drittens natürlich auch

<sup>40</sup> Die Aufzählung basiert hauptsächlich auf Baranzini et al. (2000: 399-401), wurde jedoch in einigen Teilen erweitert und verändert.

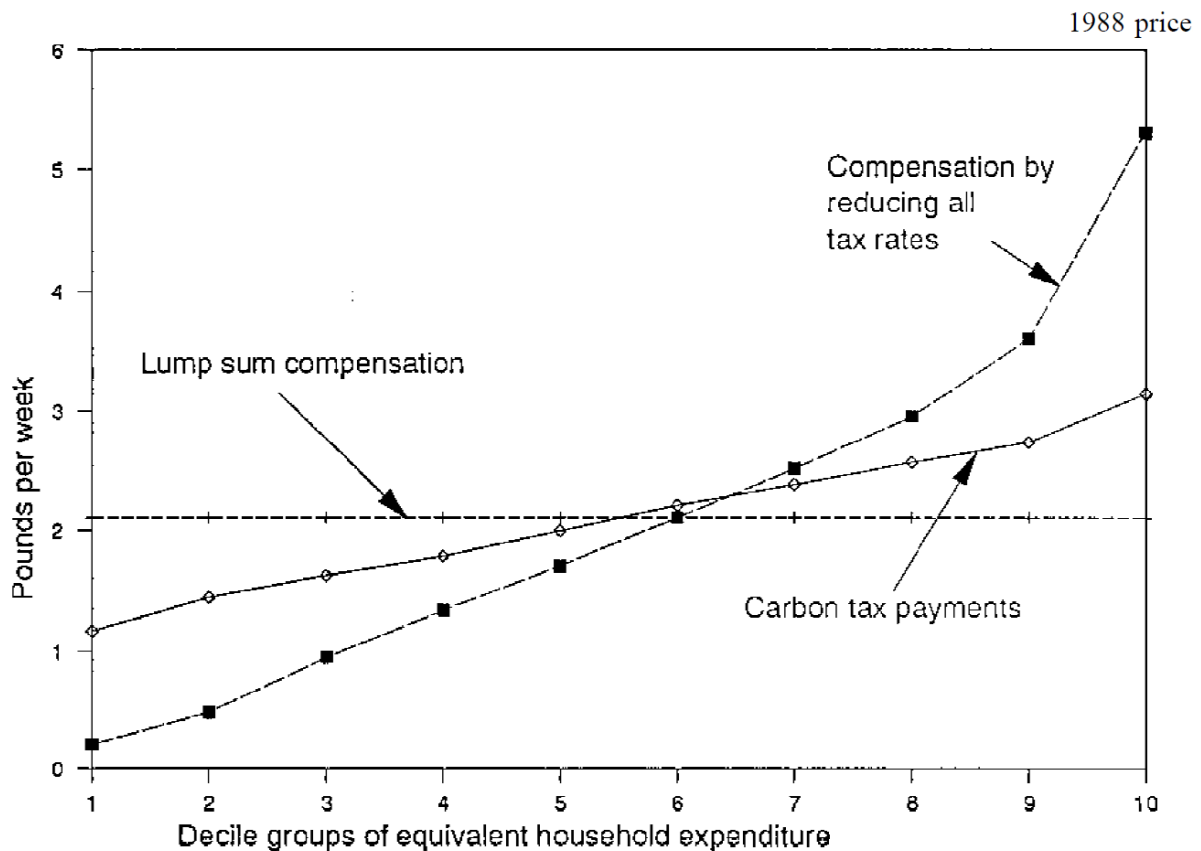
<sup>41</sup> Im Deutschen wird der Ökobonus auch unter dem Stichwort „ökologisches Grundeinkommen“ behandelt und im Englischen manchmal auch „lump sum compensation“ genannt.

denkbar, dass bestimmte Personen – zum Beispiel ärmere aber prinzipiell auch reichere Haushalte – überproportional entlastet werden. Erreicht werden kann dies beispielsweise über die Reduktion von bislang regressiv beziehungsweise progressiv wirkenden Steuern.

Des Weiteren ist auch eine Mischform der vorgestellten Einsatzzwecke denkbar, also dass mit einem Teil der Einnahmen eine fiskalische Reform, mit einem Teil umweltpolitische Maßnahmen und mit einem weiteren Teil die Kompensation der Belastungswirkungen durchgeführt wird. Außerdem haben die aufgezählten Einsatzzwecke auch Auswirkungen aufeinander. So führen die Einsatzzwecke a) bis c) auch zu Verteilungswirkungen, haben insofern also auch jeweils eine dem Einsatzzweck d) zuzuordnende Kompensationswirkung der Belastungen. Die genannten Einsatzzwecke geben also nur den primären Einsatzzweck wieder, über diesen hinaus haben sie jedoch weitere Wirkungen.

Für die vorliegende Arbeit über die Verteilungswirkungen der Internalisierung externer Effekte sind vor allem die tatsächlichen Verteilungswirkungen der verschiedenen Einnahmerecycling-Möglichkeiten von Interesse; auch wenn die Kompensation der Belastungswirkungen nicht den primären Einsatzzweck darstellt. Im Folgenden werden diese Verteilungswirkungen einiger unterschiedlicher Einnahmerecycling-Instrumente näher beleuchtet.

Bereits in einer OECD-Studie aus dem Jahr 1993 berechnet Stephen Smith (1999) die Verteilungswirkungen einer CO<sub>2</sub>-Steuer. Smith vergleicht dabei die Kompensationswirkungen des Ökobonus mit denen einer gleichmäßigen Reduzierung aller Steuern. Seine Ergebnisse sind in Schaubild 14 abgebildet. Wie zu sehen ist, würde nach den Berechnungen von Smith eine Kompensation mittels des Ökobonus zu progressiven Nettoverteilungswirkungen führen: Die Ökobonus-Auszahlungen („Lump sum compensation“) liegen vom ersten bis fünften Dezil oberhalb, danach unterhalb der durch die CO<sub>2</sub>-Steuer ausgelösten Belastungen („Carbon tax payments“). Dahingegen würde eine allgemeine Steuerreduktion zu regressiven Nettoverteilungswirkungen führen: Die Kompensationswirkungen einer gleichmäßigen Reduzierung aller Steuern („Compensation by reducing all tax rates“) liegen vom ersten bis siebten Dezil unterhalb, danach oberhalb der Belastungen durch die gemischte CO<sub>2</sub>-Steuer.

Schaubild 14: Verteilungswirkungen einer CO<sub>2</sub>-Steuer in Großbritannien

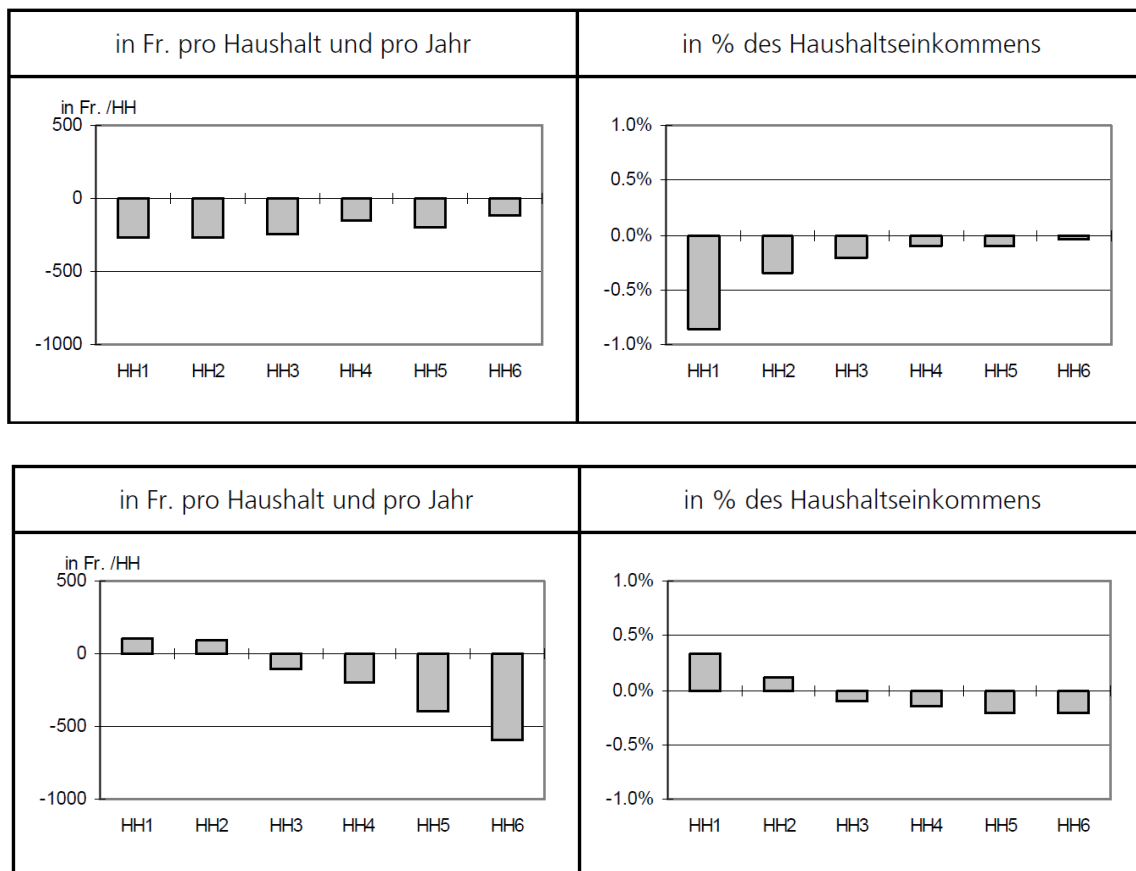
Note: the figure shows carbon tax payments predicted using the IFS Simulation Programme for Indirect Taxes, and the distribution of equivalent-revenue compensation (a) as an equal lump-sum to all households, and (b) through an equal percentage reduction in the rates of income tax, National Insurance contributions, VAT and excise duties.

Quellen: Smith 1993: 15

Zu einem ähnlichen Ergebnis wie Smith kommt eine Studie von Iten et al. (1999), die die sozialen und räumlichen Auswirkungen von Energieabgaben untersucht. Darin werden Modellberechnungen mittels des Gleichgewichtsmodells EQUISWISS vorgenommen und unter anderem die Verteilungseffekte einer ökologischen Steuerreform für verschiedene Szenarien untersucht. Das Haupt-Szenario „Ecological Tax Reform Neutral“ (ETRN) sieht dabei bezüglich der Mittelverwendung eine direkte Rückverteilung der Einnahmen — also einen Ökobonus — vor (Verteilung: 50% private Haushalte; 50% Unternehmen), das Szenario „Ecological Tax Reform Tax reduction“ (ETRT) hingegen die Verwendung der Einnahmen zur Senkung der Lohnnebenkosten.<sup>42</sup> Der Vergleich der Ergebnisse (siehe Schaubild 15) zeigt: Während bei einem Einsatz des Ökobonus (ETRN) progressive Verteilungswirkungen vorliegen und die unteren beiden Einkommensklassen sogar Zugewinne verbuchen, herrschen bei einer Verwendung der Einnahmen zur Senkung Lohnnebenkosten regressive Verteilungswirkungen vor.

<sup>42</sup> Für Informationen zu den genauen Spezifikationen der Szenarien siehe Iten et al. (1999: 57-62).

**Schaubild 15: Verteilungswirkungen einer ökologischen Steuerreform in der Schweiz mit Ökobonus  
(oben: Szenario ETRT: unten: Szenario ETRN)**



HH1-HH6: Haushaltseinkommensklassen, HH1: ca. 34.000 CHF/Jahr, HH6: ca. 190.000 CHF/Jahr  
Quelle: Iten et al. 1999: 69f

Auf Basis der vorgestellten sowie weiterer Einzelstudien bezüglich der Auswirkungen einer Verwendung des Ökobonus halten Wang et al. in ihrer Metastudie in allgemeiner Form fest:

*„Directly recycling the carbon tax revenue to households either through a lump sum or direct transfers/subsidies could help alleviate the potential regressivity of a carbon tax or even convert to a progressive carbon tax. However, some authors see these compensatory designs as inferior to reducing a distortionary tax because the latter is seen as being more efficient in offsetting the negative impact on GDP growth and employment Goulder 1995, thus a trade-off between efficiency and fairness often exists in designing the use of carbon tax revenues [12].“ (Wang et al. 2016: 1125f)*

Der in dem Zitat erwähnte „trade-off“ zwischen Effizienz und Fairness zielt dabei darauf ab, dass bei Verwendung der Einnahmen für den Ökobonus diese nicht mehr für andere Einsatzzwecke zur Verfügung stehen, die eine ökonomische Doppeldividende versprechen. Demnach ist der Ökobonus aus rein wohlfahrtstheoretischen Effizienzkriterien der Verwendung für eine fiskalische Reform (Abbau verzer-



render Steuern) unterlegen. Zu diesem Schluss, der sogenannten schwächsten Doppeldividenden-Hypothese („weakest double-dividend claim“)<sup>43</sup>, kommt beispielsweise Lawrence H. Goulder (1995) und hält dazu fest:

*„The weakest double-dividend claim is that returning tax revenues through cuts in distortionary taxes leads to cost savings relative to the case where revenues are returned lump sum. This claim is easily defended on theoretical grounds and (thankfully) receives wide support from numerical simulations. ” (Goulder 1995: 175)*

Warum stellt der Ökobonus aber möglicherweise trotzdem eine sinnvolle Wahl dar? Diese Frage lässt sich mit dem Fairnessempfinden bezüglich der Lastenverteilung der durch die Internalisierung entstehenden Belastungen und damit der benötigten Akzeptanz in der Öffentlichkeit beantworten. (Zhang und Baranzini (2004: 511)) halten dazu fest: „Recent history in developed countries’ fiscal policies suggests that there is great resistance to the introduction of taxes that fall on the poor [...]”.

Um eine große gesellschaftliche Akzeptanz zu erreichen, sollte demnach also bei der Verwendung der Einnahmen darauf geachtet werden, dass die Nettoverteilungswirkungen einer Internalisierung nicht regressiv sind. Wie beispielsweise die am Anfang dieses Kapitels vorgestellten Ergebnisse von Smith (1993) und Iten et al. (1999) zeigen, ist dies mittels des Ökobonus möglich – zumindest in der Durchschnittsbetrachtung: So dreht sich die regressiv Belastungswirkung durch die Internalisierung der externen Kosten bei Verwendung des Ökobonus um in eine progressive Nettoverteilungswirkung. Büchs et al. (2011: 299) kommen in ihrer Metastudie nach einem Vergleich der verschiedenen möglichen Einsatzzwecke zu folgender Aussage: „The most effective measures to counteract regressive outcomes seem to be lump-sum revenue recycling schemes”.

Allerdings zählen sie im Anschluss an diese Aussage fünf Aspekte auf, die einschränkend zu berücksichtigen seien (Büchs et al. 2011: 299f):

1. Es ist davon auszugehen, dass auch für eine nennenswerte Anzahl von Niedrigeinkommenshaushalten durch den Ökobonus negative Nettoeffekte – also Nettobelastungen – entstehen würden, da diese aus verschiedensten Gründen (zum Beispiel lange Pendelstrecken, ineffiziente Heizungen, ...) einen überdurchschnittlichen (fossilen) Energieverbrauch aufweisen. Dies spricht das Problem

<sup>43</sup> Die starke Doppeldividenden-Hypothese („strong double-dividend claim“) befasst sich mit der Frage, ob durch eine Internalisierung externer Effekte und einer anschließenden Verwendung der Einnahmen zur Reduzierung verzerrender Steuern eine ökonomische Doppeldividende erzielt werden. Da hier vor allem der Verteilungsaspekt im Vordergrund steht, die eigenen Auswertungen aufgrund fehlender ökonometrischer Modelle keine Aussagen diesbezüglich zulassen und die Forschung in diesem Bereich sehr umfangreich ist, wird hier auf eine detaillierte Vorstellung dieser Frage verzichtet. Stark verkürzt lässt sich zusammenfassend sagen, dass die Resultate dazu uneinheitlich sind: Manche Studien bestätigen die stärkere Doppeldividenden-Hypothese, manche widerlegen sie. Ausführlicher eingegangen wird auf diese Frage zum Beispiel in Zhang und Baranzini (2004: 510) und Goulder (1995: 172-174).

an, dass die festgestellte progressive Verteilungswirkung des Ökobonus nur in der Durchschnittsbetrachtung gilt. In der vorliegenden Arbeit wird auf dieses Problem detailliert in Kapitel 14.2 eingegangen.

2. Es sollten weitere unterstützende politische Instrumente geschaffen werden, die den Haushalten einen Umstieg zu Lebensstilen mit niedrigeren Umweltwirkungen ermöglichen. Ansonsten ist insbesondere für ärmere Haushalte zu befürchten, dass sie sich aufgrund fehlender finanzieller Mittel oder fehlenden Wissens einen Umstieg nicht leisten können beziehungsweise dazu nicht befähigt sind. In der vorliegenden Arbeit wird auf diesen Punkt in Kapitel 14.3.4 eingegangen.
3. Da reichere Haushalte durch den Ökobonus durchschnittlich gesehen stärker belastet werden, kann es dazu kommen, dass sie dessen Einführung verhindern. Insbesondere wenn große Machtasymmetrien zwischen reichen und armen Haushalten bestehen, kann dies ein großes Problem darstellen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, für die konkreten Berechnungsergebnisse der vorliegenden Arbeit ist es jedoch nicht relevant.
4. Sollte der Ökobonus auf die internationale Ebene ausgeweitet werden, würden voraussichtlich selbst die ärmeren Haushalte in den Industrieländern in der Nettoperspektive mit Belastungen rechnen müssen. Damit würde der Rückhalt für einen internationalen Ökobonus voraussichtlich auch bei den ärmeren Haushalten schwinden. Da in der vorliegenden Arbeit jedoch allein die Einführung in Deutschland diskutiert wird, ist die Frage der Verteilungswirkungen eines internationalen Ökobonus und der daraus entstehenden Folgen hier nicht relevant.
5. Schließlich werden die Einnahmen der Internalisierung der externen Kosten und damit auch die Auszahlungshöhe des Ökobonus bei einem erwünschten Rückgang der Umweltwirkungen und der dadurch verursachten externen Kosten zurückgehen und im Idealfall in Richtung Null tendieren. Der Ökobonus und seine progressive Verteilungswirkung können also nur als temporäre Maßnahme angesehen werden, deren Bedeutung mit der Zeit abnimmt. Sollte das anvisierte Ziel also eine Verringerung der sozialen Ungleichheit sein, so kann der Ökobonus – zumindest wenn er sein eigentliches Ziel der Verringerung der negativen Umweltwirkungen erreicht – diese Funktion nur für eine gewisse Zeit und mit abnehmender Tendenz erfüllen. Dieser Zusammenhang trifft zu, spricht aber natürlich nicht grundsätzlich gegen eine Internalisierung und die Verwendung des Ökobonus.

Der Ökobonus besitzt noch aus einem weiteren Grund ein besonderes Potenzial bezüglich der gesellschaftlichen Akzeptanz: Beim Ökobonus ist – anders als bei allen anderen Einsatzzwecken der Einnahmen – aus sich selbst heraus kein eigener Verwendungszweck definiert; er hat allein die gleichmäßige Rückverteilung der erzielten Einnahmen zum Ziel. Die sozialen Verteilungswirkungen der Nettowirkung des Ökobonus sind also insofern nicht vom Staat gesteuert, sondern ergeben sich allein daraus, wie

viel jeder Einzelne an externen Kosten verursacht. Damit wird der gegen eine Internalisierung möglicherweise vorgebrachte Vorwurf entkräftet, dass diese nur zum Zwecke der Einnahmeerzielung geschieht und die Einnahmen dann einem anderen Zweck – welcher auch immer dies sein mag – zugeführt werden. Dass die Nettowirkung des Ökobonus dabei offenbar wirksam der regressiven Belastungswirkung der Internalisierung entgegenwirkt (vgl. Büchs et al. 2011: 299), ist also allein dem geschuldet, dass offenbar die verursachten externen Kosten mit dem Einkommen ansteigen und ergibt sich nicht aus einem ausgewiesenen Ziel der Verringerung der Ungleichheit.

## 5.4 Erfahrungen zur Internalisierung externer Kosten in Deutschland

### 5.4.1 Die ökologische Steuerreform in Deutschland (1999-2003)

Die ökologische Steuerreform (ÖSR) wurde in Deutschland im Jahr 1999 eingeführt. Bis zum Jahr 2003 wurden schrittweise die Energiesteuersätze auf Kraftstoffe, Heizöl und Gas erhöht und eine Stromsteuer eingeführt. Zudem wird seit dem Jahr 2006 in Übereinstimmung mit der Energiesteuerrichtlinie der EU auch der Einsatz von Kohle für Heizzwecke besteuert. In Tab. 2 ist die Entwicklung der Energiesteuersätze dargestellt. Erklärtes Ziel der ÖSR war es, den Energie- und Ressourcenverbrauch stärker zu be- und den Faktor Arbeit zu entlasten. Um dies zu erreichen, wurden und werden die Einnahmen aus der erhöhten Energiebesteuerung zur Senkung beziehungsweise zur Verhinderung eines Anstiegs des Rentenversicherungsbeitragssatzes verwendet (Bach 2009: 218).<sup>44</sup>

**Tab. 2: Energiesteuersätze 1999 bis 2006 (Cent)**

	Steuersätze vor dem 1.4.1999	Erhöhung durch die ökologische Steuerreform			Energiesteuer-gesetz 2006	Erhöhung insgesamt		
		1999	2000–03 jährlich	2003		Cent	Euro je Gigajoule	Euro je Tonne CO <sub>2</sub>
Verkehrskraftstoffe								
Benzin je Liter	50,10	3,07	3,07	–	–	15,35	4,74	65,87
Diesel je Liter	31,69	3,07	3,07	–	–	15,35	4,29	57,97
Erdgas (Wärme) je kWh	0,19	0,164	–	0,20	–	0,364	1,01	18,04
Leichtes Heizöl (Wärme) je Liter	4,09	2,05	–	–	–	2,05	0,57	7,77
Schweres Heizöl (Wärme) <sup>1</sup> je kg	1,79	–	–	0,71	–	0,71	0,18	2,31
Kohle (Wärme) je Gigajoule	–	–	–	–	33,00	33,00	0,33	3,24
Elektrischer Strom <sup>2</sup> je kWh	–	1,02	0,26	–	–	2,05	5,69	37,96

<sup>1</sup> Von 2000 an einheitlicher Mineralölsteuersatz für schweres Heizöl.

<sup>2</sup> Angenommen wird eine CO<sub>2</sub>-Emission von 0,54 kg je kWh im Durchschnitt aller Kraftwerke.

Quelle: Bach 2009: 220

In einer Studie hat Stefan Bach (2009) die Auswirkungen der ÖSR untersucht. Dabei wurden unter anderem auch die Verteilungswirkungen auf die privaten Haushalte analysiert. Wie in Tab. 3 zu sehen ist, zeigt sich bei der ÖSR in der Bruttoperspektive eine deutlich regressiv Belastungswirkung: Die über alle Energieträger aggregierte Gesamtbelastung ist im ersten Dezil mit 1,05% des verfügbaren Einkommens am höchsten und fällt dann über die Dezile monoton ab bis auf den niedrigsten Wert von 0,47% im zehnten Dezil. Aufgeteilt auf die einzelnen Energieträger zeigt sich, dass insbesondere die Belastung

<sup>44</sup> Eine direkte Zweckbindung ist bei Steuern rechtlich nicht möglich, die Maßnahmen wurden jedoch direkt miteinander verknüpft eingeführt.

im Strombereich stark regressiv ist: Hier liegt die relative Belastung im ersten Dezil mit 0,41% des verfügbaren Einkommens beim 3,4-fachen des zehnten Dezils (0,12%). Bei Gas und Heizöl liegt das Belastungsverhältnis des ersten zum zehnten Dezil hingegen „nur“ beim 2-fachen, beim Kraftstoff sogar nur beim 1,7-fachen. Insbesondere bei den Kraftstoffen zeigt sich kein stetiger Verlauf: Zunächst steigt die Belastung vom ersten bis vierten Dezil streng monoton an von 0,45% auf 0,52%, um danach streng monoton zu sinken auf 0,26% im zehnten Dezil. Bei den Kraftstoffen wurde also insbesondere die (untere) Mittelschicht belastet. Damit stimmen die Ergebnisse von Bach überein mit den Ergebnissen von Flues und Thomas (2015), die in Kapitel 5.2 präsentiert wurden.

**Tab. 3: Ökosteuerbelastung<sup>1</sup> der privaten Haushalte 2003 nach Höhe des Haushaltseinkommens<sup>2</sup> und Energieträgern (% der verfügbaren Einkommen)**

	Klassen- durchschnitt	Klassen- obergrenze					
	Nettoeinkommen in Euro je Monat		Gas	Heizöl	Strom	Kraft- stoffe	insgesamt
1. Dezil	724	909	0,12	0,06	0,41	0,45	1,05
2. Dezil	1 029	1 136	0,11	0,06	0,33	0,49	0,98
3. Dezil	1 233	1 325	0,11	0,05	0,28	0,50	0,94
4. Dezil	1 411	1 497	0,10	0,05	0,27	0,52	0,94
5. Dezil	1 586	1 676	0,09	0,05	0,24	0,48	0,86
6. Dezil	1 772	1 873	0,10	0,05	0,23	0,48	0,85
7. Dezil	1 988	2 116	0,09	0,05	0,21	0,45	0,80
8. Dezil	2 282	2 471	0,08	0,04	0,19	0,42	0,73
9. Dezil	2 745	3 100	0,07	0,04	0,17	0,37	0,66
10. Dezil	4 346	–	0,06	0,03	0,12	0,26	0,47
Insgesamt	1 868	–	0,08	0,04	0,21	0,41	0,75

<sup>1</sup> Bei vollständiger Überwälzung auf die Nachfrager.

<sup>2</sup> Äquivalenzgewichtet nach der neuen OECD-Skala.

Quelle: Bach 2009: 225

Die durch die ÖSR generierten Mehreinnahmen wurden zum größten Teil zur Senkung der Rentenversicherungsbeiträge eingesetzt. So wurden beispielsweise im Jahr 2003 18,7 Mrd. Euro durch die ÖSR eingenommen, wovon 16,1 Mrd. Euro zur Senkung der Rentenversicherungsbeiträge verwendet wurden (Bach 2009: 222). Diese Senkung hatte positive Anpassungswirkungen auf das gesetzliche Rentenniveau sowie weitere Sozialtransfers (Arbeitslosengeld, Kurzarbeitergeld, Krankengeld, Grundsicherungsleistungen). Zieht man die so entstandenen Entlastungswirkungen von den Belastungswirkungen der ÖSR ab, so erhält man die Nettoverteilungswirkungen der ÖSR. Diese sind in Tab. 4 dargestellt. Für die privaten Haushalte insgesamt lässt sich feststellen, dass durch die ÖSR das verfügbare Einkommen im Durchschnitt um 0,02% gesunken ist, der Gesamteffekt der ÖSR auf das verfügbare Einkommen war also kaum existent. Bach (2009: 225) attestiert der ÖSR deswegen „für die privaten Haushalte insge-

samt eine fast aufkommensneutrale Wirkung“. Erklären lässt sich die Neutralisierung der Belastungswirkungen der Ökosteuer durch die positiven Wirkungen, die vor allem auf dem Arbeitsmarkt durch die Senkung der Lohnnebenkosten ausgelöst wurden: So wurden durch die ÖSR laut den Simulationsrechnungen des DIW Berlin rund 200.000 neue Arbeitsplätze geschaffen (Bach 2009: 223).

Allerdings ist festzustellen, dass bei ärmeren Haushalten auch in der Nettoperspektive eine Belastung durch die ÖSR bestehen bleibt: Im Durchschnitt ist das verfügbare Einkommen des ersten Dezils mit einem Minus von 0,13% relativ gesehen am stärksten betroffen, gefolgt vom zweiten Dezil mit 0,10% und dem dritten und vierten Dezil mit jeweils 0,05%. In den darauffolgenden Dezilen liegt der Nettoverteilungseffekt zwischen -0,01% und 0,02%, ist also beinahe zu vernachlässigen. Aus sozialpolitischer Sicht besonders kritisch ist dabei, dass die Belastung mit der Anzahl der Kinder zunimmt: So steigt die Nettobelastung mit der Anzahl der Kinder in der Durchschnittsbetrachtung bei Ehepaaren oder zusammenlebenden Paaren von 0,08% bei einem Kind auf 0,13% bei zwei Kindern auf 0,24% bei drei oder mehr Kindern an. Alleinerziehende sind sogar noch stärker betroffen. Hier liegt die durchschnittliche Nettobelastung bei einem Kind bei 0,13% des verfügbaren Einkommens und bei zwei oder mehr Kindern bei 0,29%. Hinzukommt, dass auch bei den Familien dem allgemeinen Trend folgend die Belastung in den unteren Einkommensschichten besonders hoch ist: So liegt die höchste errechnete Nettobelastung von 0,50% im zweiten Dezil bei Ehepaaren mit 3 Kindern oder mehr vor, dicht gefolgt vom ersten Dezil der gleichen Gruppe mit einer Nettobelastung von 0,48%. Erklären lässt sich die hohe Nettobelastung von Familien mit Kindern dadurch, dass Kinder nicht von den durch die Senkung der Rentenversicherungsbeiträge ausgelösten positiven Effekten profitieren, deren Energieverbrauch aber trotzdem von der Belastung durch die Erhöhung der Energiesteuern betroffen ist. Auch Selbstständige, Beamte und Nichterwerbstätige werden im Nettoeffekt durch die ÖSR belastet, da sie nicht (oder nur geringerem Umfang) von der Entlastung durch die Senkung der Rentenversicherungsbeitragssätze profitieren (Bach 2009: 226).

**Tab. 4: Gesamtwirkung der ökologischen Steuerreform<sup>1</sup> auf die privaten Haushalte 2003 nach Höhe des Haushaltseinkommens<sup>2</sup> und Haushalts-/Familientypen<sup>3</sup> (% der verfügbaren Einkommen)**

	Alleinstehende	Alleinerziehende		Ehepaare/zusammenlebende Paare				Sonstige Haushalte	Haushalte insgesamt
		mit 1 Kind	mit 2 und mehr Kindern	ohne Kind	mit 1 Kind	mit 2 Kindern	mit 3 und mehr Kindern		
1. Dezil	-0,02	0,20	0,35	0,16	0,27	0,28	0,48	0,38	0,13
2. Dezil	-0,16	0,21	0,28	0,13	0,25	0,31	0,50	0,15	0,10
3. Dezil	-0,22	0,10	0,25	0,01	0,25	0,27	0,39	0,00	0,05
4. Dezil	-0,17	0,11	0,48	-0,04	0,15	0,23	0,32	-0,04	0,05
5. Dezil	-0,27	0,04	0,31	-0,08	0,15	0,17	0,25	-0,02	-0,01
6. Dezil	-0,22	0,00	0,21	-0,04	0,10	0,18	0,23	0,04	0,02
7. Dezil	-0,15	0,16	0,29	-0,06	0,05	0,12	0,18	-0,05	0,00
8. Dezil	-0,11	0,14	0,35	-0,03	0,03	0,10	0,16	0,02	0,01
9. Dezil	-0,05	0,10	0,22	-0,03	0,03	0,05	0,14	0,03	0,00
10. Dezil	0,02	0,15	0,17	-0,03	0,03	0,03	0,13	0,01	0,00
Insgesamt	-0,11	0,13	0,29	-0,03	0,08	0,13	0,24	0,03	0,02
Haushalte in 1000	14 051	1 349	652	11 159	4 105	3 806	1 372	1 617	38 111

<sup>1</sup> Bei vollständiger Überwälzung der Ökosteuern auf die Nachfrager. Ohne Überwälzung des Arbeitgeberanteils der Rentenbeiträge auf Arbeitnehmer.

<sup>2</sup> Haushaltstypisierung nach der EVS 1998; Kinder im Haushalt bis unter 27 Jahre.

<sup>3</sup> Äquivalenzgewichtet nach der neuen OECD-Skala.

Quelle: Bach 2009: 226

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Nettoverteilungswirkung der ÖSR über alle Dezile eher gering ausfällt. So überschreiten die positiven Nettoverteilungseffekte nicht den Wert von 0,27% des verfügbaren Einkommens, die negativen nicht den Wert von 0,50%. Negativ festzuhalten bleibt jedoch, dass auch in der Nettobetrachtung eine regressive Verteilungswirkung festzustellen ist und dieser sich mit steigender Kinderanzahl verstärkt.

Bezüglich der Umweltwirkungen der ÖSR ergaben die Simulationsrechnungen, dass durch die ÖSR ein Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 2% bis 2,5% erreicht werden konnte (Bach 2009: 223). Aus rein umweltpolitischer Sicht kann die ÖSR also durchaus als Erfolg angesehen werden. Allerdings sieht Bach die ÖSR auch diesbezüglich kritisch. Er bezeichnet die Reform als „[u]mwelt- und klimapolitisch [...] nur halbherzig angelegt“ (Bach 2009: 226). Die Lenkungswirkung bei energieintensiven Prozessen und im Raumwärmebereich sei aufgrund von Rücksichtnahmen auf die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie sowie die verfügbaren Einkommen der ärmeren Haushalte weitgehend reduziert. Allein bei den Verkehrskraftstoffen und dem Stromeinsatz außerhalb der energieintensiven Industrien seien „nennenswerte Preisimpulse“ (Bach 2009: 226) festzustellen. Als mögliche alternative Verwendung der ÖSR-Einnahmen nennt Bach den Ökobonus. Dieser „würde Haushalte mit geringen Einkommen und Familien deutlich stärker entlasten“ (Bach 2009: 226), wobei er einschränkend anmerkt, dass dann natürlich die durch die Senkung der Rentenbeiträge ausgelösten positiven Effekte wegfallen würden.

#### **5.4.2 Die Energiewende und die Erneuerbaren Energien-Umlage (EEG-Umlage)**

Soziale Verteilungseffekte spielen in der öffentlichen Diskussion um die Energiewende und deren Bewertung eine erhebliche Rolle. Insbesondere das im Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) festgelegte Finanzierungsmodell und die sich daraus ergebende EEG-Umlage stehen dabei immer wieder in der Kritik. Beim EEG werden die durch den Ausbau der erneuerbaren Energien anfallenden Kosten über den Strompreis in Form eines pauschalen Betrages, der EEG-Umlage, direkt von den Endverbrauchern bezahlt. Neben der Problematik, dass Befreiungen für stromintensive und sich im internationalen Wettbewerb befindliche Unternehmen gewährt werden, steht hier vor allem in der Kritik, dass einkommensschwache Haushalte aufgrund ihres höheren Ausgabenanteils für Strom stärker durch die EEG-Umlage belastet werden als reichere Haushalte; die EEG-Umlage für private Haushalte also eine regressive Belastungswirkung aufweise.

Nachgewiesen haben diese regressiven Belastungswirkungen beispielsweise Neuhoﬀ et al. (2012) in einer Studie aus dem Jahr 2012. In dieser berechnen sie den Anteil, den die privaten Haushalte für die EEG-Umlage aufbringen müssen, sowohl auf der Datengrundlage der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008 (EVS2008) als auch des Sozio-Ökonomischen Panels für das Jahr 2010 (SOEPv27). Im Ergebnis zeigt sich sowohl bei den Auswertungen über die EVS als auch über das SOEP eine deutlich

regressive Belastungswirkung. So fällt die finanzielle Belastung durch die EEG-Umlage bei Verwendung der Datenbasis der EVS2008 von durchschnittlich 1,07% des Nettoeinkommens im ersten Dezil stetig auf 0,25% im zehnten Dezil; die relative Belastung liegt im ersten Dezil also 4,3-mal höher als im zehnten Dezil. Bei Verwendung des SOEP als Datenbasis fällt der Unterschied sogar noch etwas größer aus: Hier wird das erste Dezil mit 1,33% des Nettoeinkommens etwa 4,8-mal stärker belastet als das zehnte Dezil, dass „nur“ 0,28% aufbringen muss. Zu ähnlichen Ergebnissen – also deutlich regressiven Belastungswirkungen der EEG-Umlage – kommen beispielsweise auch die Studien Lehr und Drosowski (2015) und Frondel et al. (2015b).

**Tab. 5: Belastungswirkungen durch EEG-Umlage<sup>1</sup> (% des Nettoeinkommens)**

Dezile <sup>2</sup>	EVS2008 (2008)	SOEPv27 (2010)
1	1,07	1,33
2	0,79	0,94
3	0,67	0,76
4	0,59	0,66
5	0,53	0,61
6	0,51	0,54
7	0,46	0,50
8	0,41	0,47
9	0,35	0,38
10	0,25	0,28

<sup>1</sup> Ausgaben für EEG-Umlage ohne anteilige Mehrwertsteuer

<sup>2</sup> Eingeteilt nach dem Nettoäquivalenzeinkommen (mod. OECD-Skala)

Quelle: Neuhoff et al. 2012: 6f; eigene Darstellung

Sievers und Pfaff (2016: 14) stellen in einer aktuellen Studie Berechnungen über die die zukünftigen Verteilungswirkungen der Energiewende an. Die mittels eines dynamischen makroökonomischen Simulationsmodells berechneten Prognosen ergeben, dass die Energiewende sogar doppelt regressiv wirkt. Neben der bereits behandelten regressiven Belastungswirkungen der EEG-Umlage kommt als zweite regressive Wirkung noch hinzu, dass der durch die Energiewende berechnete Niveauanstieg des Bruttoinlandsprodukts um 0,7% und die damit einhergehenden Einkommenssteigerungen ungleich verteilt sind:

*„Die oberen und mittleren Dezile profitieren stärker von diesem Niveauanstieg, wodurch die Einkommensverteilung insgesamt ungleicher wird. [...]. Die Belastung gemessen am Anteil der Energieausgaben am Nettoeinkommen ist für die unteren Dezile größer. [...]. Die Energiewende (jedoch ohne Berücksichtigung von veränderter Stromnachfrage durch Effizienz) wirkt somit doppelt regressiv.“ (Sievers und Pfaff 2016: 20)*

Betrachtet man zudem die Verwendungsseite der EEG-Umlage, also die für 20 Jahre garantierte Vergütung des erzeugten erneuerbaren Stroms, so zeigt sich eine weitere Problematik: Die Finanzierung

solcher Anlagen erfordert Investitionsmittel. Über solche Mittel verfügen ärmere Schichten jedoch in weit geringerem Maße als wohlhabende. Hinzu kommt im Bereich der Fotovoltaik, dass Personen bevorteilt sind, die über eigenes Wohneigentum verfügen, auf dem sie die Fotovoltaik-Anlage installieren können; wiederum ein Umstand, der in sehr viel größerem Umfang auf wohlhabendere Schichten zutrifft. Das bedeutet, dass ärmere Schichten höchstwahrscheinlich von den Ausgaben der EEG-Umlage weniger profitieren als wohlhabendere. Oder wie Löschel et al. (2012: 516) es ausdrücken: „Wohlhabende Bürger können sehr wohl vom EEG profitieren, während die ärmeren Schichten dafür zahlen“. Insofern kann man der EEG-Umlage also eine dreifach regressive Verteilungswirkung attestieren. Erstens aufgrund der EEG-Umlage, zweitens wegen des Niveau-Anstiegs des BIP und drittens wegen der Renditen aus den über die EEG-Umlage finanzierten Energieerzeugungsanlagen.

Aufgrund der regressiven Verteilungswirkungen sind in der Literatur verschiedene alternative Finanzierungsmodelle zur EEG-Umlage diskutiert worden. Eine Möglichkeit wäre die Finanzierung über den öffentlichen Haushalt, wobei zur Erzielung der erforderlichen Mittel oft eine Erhöhung der Einkommenssteuer ins Spiel gebracht wird. Dies hätte den Vorteil, dass die Verteilungswirkungen — entsprechend des derzeitigen Steuertarifs — progressiv ausgestaltet werden könnte. Bezüglich dieser Möglichkeit halten Diekmann et al. (2016: 28) in ihrem Abschlussbericht zum vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projekt „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien (ImpRES)“ fest, dass „deren Umsetzung allerdings umstritten wäre. Außerdem würden die finanziellen Anreize für Energieeffizienz und Energieeinsparungen vermindert“. Eine weitere Möglichkeit stellt die (zumindest teilweise) Finanzierung über einen sogenannten EEG-Fonds dar: Eine Ausgestaltung als Fonds böte die Möglichkeit, derzeit anfallende Kosten zu strecken und damit auf die Zukunft zu übertragen. Unter der Annahme, dass die Kosten nur vorübergehend hoch ausfallen und danach wieder abfallen und in den nachfolgenden Jahren von den derzeit anfallenden Kosten profitiert wird, könnte ein Fonds so „zu einer Glättung der Belastungen und somit eventuell zu einer gerechteren intertemporalen Verteilung beitragen“ (Diekmann et al. 2016: 28). Allerdings sehen Diekmann et al. (2016: 28) diese Lösung auch skeptisch, da mit einer baldigen deutlichen Verringerung der EEG-Kosten nach den vorliegenden Szenarien nicht zu rechnen sei und deswegen bei einer solchen Übertragung der derzeitigen Kosten auf die Zukunft künftige Stromverbraucher stärker belastet würden.

Letztlich schlussfolgern (Diekmann et al. (2016: 56), dass es bezüglich der Verminderung der Verteilungswirkungen der EEG-Umlage „keinen einfachen Königsweg gibt“. Allerdings hielte sich die durchschnittliche Belastung der privaten Haushalte durch die EEG-Umlage mit 0,6% der gesamten Konsumausgaben in Grenzen. Allein für armutsgefährdete Haushalte würden die gestiegenen Strompreise zu wesentlichen Belastungen führen. Um dem entgegenzuwirken, sei vor allem die Sozialpolitik gefordert,



die sicherstellen müsse, dass „die Sozialleistungen den aktuellen Anforderungen entsprechen. Flankierend kann von energiepolitischer Seite gezielt die Energieeffizienz in einkommensschwachen Haushalten gefördert werden“ (Diekmann et al. 2016: 56).

## 5.5 Ökobonus: Diskussion in Deutschland und Umsetzung in der Schweiz

Das Konzept des Ökobonus wird in der im Kapitel zuvor vorgestellten Studie von Diekmann et al. (2016) nicht erwähnt, was voraussichtlich damit zusammenhängt, dass der Ökobonus nicht wie die Energiewende auf einer Förder-, sondern auf einer Lenkungslogik aufbaut und insofern einen Systemwechsel darstellen würde. Genau diesen Systemwechsel bei der Energiewende fordert aber beispielsweise Reinhard Loske, der in einem Beitrag aus dem Jahr 2013 prognostizierte, dass „das so überaus erfolgreiche EEG aus Gründen der Kostenentwicklung in Zukunft noch stärker unter Druck geraten [wird], als es bereits jetzt der Fall ist“ (Loske 2013: 96). Er fragt sich weiter, „warum angesichts dieser Entwicklung nur so wenige auf die naheliegende Idee kommen, statt der ‚Subventionierung‘ des Richtigen (der erneuerbaren Energien) durch die Stromkunden die Besteuerung des Falschen (der fossilen Energieträger und der Energieverschwendung) durch den Staat zu verfolgen“ (Loske 2013: 96). Loske schlägt dafür eine „Ökosteuer 2.0“ vor, bei der die externen Kosten über eine Ökosteuer internalisiert werden und die Einnahmen über einen Ökobonus rückverteilt werden. Durch den Ökobonus würde – „durch besseren sozialen Ausgleich“ (Loske 2013: 96) – die erforderliche Akzeptanz für den verstärkten Klimaschutz und dessen Kosten erzielt. Damit der Ökobonus in nennenswerter Weise redistributiv wirkt, sollte dieser pro Jahr und Person mindestens bei 200 Euro liegen. Für einen Vier-Personenhaushalt entspräche dies 800 Euro pro Jahr, was nach Loske etwa den gesamten Stromausgaben entspräche (Loske 2013: 96).

Ähnliches fordert auch Ulrich Schachtschneider (2014: 14), der im Ökobonus zusätzlich die Möglichkeit eines Einstiegs in ein sogenanntes „ökologisches Grundeinkommen“ sieht, dass sich durch eine sukzessive Erhöhung der ökologischen Besteuerung immer näher einem existenzsichernden Grundeinkommen annähern könnte. Als Beispiel für einen solchen Einstieg nennt Schachtschneider unter anderem eine Erhöhung der Ökosteuer: Würde diese im Sinne einer zehnprozentigen Erhöhung der Endverbraucherpreise für Strom und Brennstoffe ausgestaltet, ergäben sich dadurch Einnahmen von 1.000 Euro pro Jahr für eine vierköpfige Familie; bei einer Erhöhung der Endpreise um 50% waren es laut Schachtschneider 4.000 Euro pro vierköpfiger Familie (Schachtschneider 2014: 13). Als Zielgröße für ein existenzsicherndes Grundeinkommen nennt Schachtschneider einen Bereich von 600-800 Euro pro Person und Monat (Schachtschneider 2014: 14).

Auch Felix Ekardt (2010: 75) schlägt die Einführung eines Ökobonus vor, um das von ihm propagierte Prinzip „one human, one emissions right“ umzusetzen. Die Internalisierung der externen Kosten von

THG sollten nach Ekardt idealerweise entweder über europaweit einheitliche Energiesteuern oder einen umfassenden Emissionshandel vorgenommen werden. „Da der Ökobonus jedem zukommt, aber die Gutverdienenden als Energiemehrverbraucher mehr zu ihrer Finanzierung beitragen, hebt dies eine etwaige soziale Schieflage der Klimapolitik auf“ (Ekardt 2010: 87). Damit verbinde der Ökobonus „[...] soziale Verteilungsgerechtigkeit mit mehr Klimaschutz [...]“ (Ekardt 2010: 76) und könnte außerdem „eine Art Startpunkt zu einem europäischen Grundeinkommensmodell“ (Ekardt 2010: 76) sein. Ekardt hebt außerdem noch das globale Potenzial des Ökobonus bezüglich der sozialen Gerechtigkeit hervor. Sollte dieser bezogen auf die THG-Emissionen weltweit umgesetzt werden, so würden die südlichen Länder aufgrund ihrer deutlich niedrigeren Pro-Kopf-Emissionen netto profitieren, während die Industriestaaten belastet würden (Ekardt 2010: 84). Schließlich schlägt Ekardt zwei alternative mögliche „Sofortmaßnahmen“ vor. Eine sofort umsetzbare Maßnahme sieht Ekardt in einem mit einem Ökobonus verknüpften neuen EU-Emissionshandel. Diese könne zunächst auch ohne eine globale Emissionshandelsebene eingeführt werden. Dieser globale Emissionshandelsebene solle zwar möglichst schnell folgen, da sonst drohe, dass „schlicht andere die fossilen Brennstoffe [zu] verbrennen“ (Ekardt 2010: 99). Die EU könne hier jedoch eine „Vorprescher-Rolle“ (Ekardt 2010: 99) übernehmen. Sollte diese EU-weite Lösung nicht umsetzbar sein, so schlägt Ekardt als zweite Variante eine nationale Einführung des Ökobonus vor. Diese nationale Variante sei „noch ‚pragmatischer und politiknäher‘“ (Ekardt 2010: 99) und könne sich aus der Ökosteuer speisen. Damit der Ökobonus jedoch eine relevante Verteilungsmasse besitze, müsse die Ökosteuer dafür deutlich erhöht werden (Ekardt 2010: 99).

Das Konzept des Ökobonus wurde in Deutschland also durchaus bereits diskutiert. Während in Deutschland allerdings bislang nur theoretische Überlegungen bezüglich des Ökobonus-Konzepts vorliegen, wird es in der Schweiz bereits angewendet. In der Schweiz können – gestützt auf das Umweltschutzgesetz (Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft 01.01.2017: 6. Kapitel) – auf bestimmte Stoffe oder Produkte sogenannte Lenkungsabgaben erhoben werden. Diese Lenkungsabgaben sollen dem Schutz der Umwelt dienen, indem sie die Produktion und den Konsum hin zu einer weniger umweltschädlichen Gestalt lenken. Zum allergrößten Teil werden die Einnahmen der Lenkungsabgaben momentan in Form eines Ökobonus direkt an alle in der Schweiz wohnhaften Personen zurückerstattet. Die Rückverteilung erfolgt in der Schweiz über die Krankenversicherung, da die Krankenversicherer über das aktuellste Adressverzeichnis verfügen, weil in der Schweiz jeder Einwohner verpflichtend eine obligatorische Krankenpflegeversicherung (OKP) abschließen muss. Der Ökobonus wird dabei direkt mit der Krankenkassenprämie verrechnet, jedoch gut sichtbar ausgewiesen.

Auf staatlicher Ebene gibt es in der Schweiz derzeit zwei Lenkungsabgaben: erstens die seit dem Jahr 2000 erhobene VOC-Lenkungsabgabe auf bestimmte flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds, VOC) und zweitens die seit dem Jahr 2008 erhobene CO<sub>2</sub>-Abgabe. Beide Lenkungsabgaben werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Die VOC-Lenkungsabgabe wird seit dem 1.1.2000 erhoben (EFD 2015). Der Abgabesatz liegt bei 3 CHF pro Kilogramm VOC. Erhoben wird die Abgabe sowohl auf im Inland hergestellte als auch auf importierte Waren von der Eidgenössischen Zollverwaltung (EZV). Bei einer Ausfuhr der Güter wird die Lenkungsabgabe zurückerstattet (Grenzausgleich). Welche Stoffe und Produkte der Lenkungsabgabe unterliegen, ist in Positivlisten festgelegt. Die Einnahmen aus der VOC-Lenkungsabgabe werden vollumfänglich mittels des Ökobonus rückverteilt. Im Jahr 2017 liegen die geschätzten Gesamteinnahmen bei 122 Mio. Schweizer Franken (CHF), was einem Betrag von 14,4 CHF pro Einwohner entspricht (Bundesamt für Umwelt 2016).

Bezüglich der Auswirkungen der VOC-Lenkungsabgabe zieht eine OECD-Studie aus dem Jahr 2009 von Schoenenberger und Mack bezüglich der drei dort untersuchten Industrien „Druck“, „Farbenherstellung“ und „Metallschneiden“ folgende äußerst positive Bilanz:

*„Broadly speaking, the VOC incentive tax seems to have had a positive effect on innovation in the three industries under consideration. [...] As well as stimulating many innovations, the tax has also managed to cut VOC emissions and use by 20 to 50 percent in five to eight years in the firms interviewed and generated greater awareness of the environmental and other problems of VOCs (workplace health and safety). Innovations have not had a positive impact on the market; in other words, the firms interviewed have not so far really won customers because of their commitment – not always voluntary – to reduce VOC emissions.“*  
(Schoenenberger und Mack 2009: 31)

Die CO<sub>2</sub>-Abgabe wurde in der Schweiz am 1.1.2008 als Reaktion auf zu niedrige CO<sub>2</sub>-Emissionsrückgänge im Brennstoffsektor eingeführt (vgl. Ecoplan et al. 2015). Sie gilt für alle fossilen Brennstoffe, soweit diese zur Wärmeengewinnung, in thermischen Anlagen zur Stromerzeugung, zur Erzeugung von Licht oder für den Betrieb von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen verwendet werden. Ausgenommen von der Besteuerung sind wegen ihrer CO<sub>2</sub>-Neutralität die Energieträger Holz und Biomasse. Auch Treibstoffe (Benzin, Diesel) unterliegen nicht der Abgabe.<sup>45</sup> Erhoben wird die CO<sub>2</sub>-Abgabe direkt beim Brennstoffeinkauf.

<sup>45</sup> Bei diesen wurde stattdessen versucht mit anderen Instrumenten (zum Beispiel dem freiwilligen Klimarappen oder verschärften CO<sub>2</sub>-Vorschriften für Personenkraftwagen) eine CO<sub>2</sub>-Reduktion zu erreichen.

Der Abgabesatz setzt direkt am Kohlenstoffgehalt der verschiedenen Brennstoffe an und kann vom Bundesrat bis auf 120 CHF/t CO<sub>2</sub> erhöht werden, falls die selbstgesteckten Zwischenziele im Brennstoffbereich nicht erreicht werden (Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft 01.01.2013: Art. 29). Dargestellt ist die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Abgabe in Tab. 6. Wie dort zu sehen ist, ist die Abgabe von 12 CHF/t CO<sub>2</sub> im Jahr 2008 zunächst auf 34 CHF/t CO<sub>2</sub> im Jahr 2010 und dann auf 60 CHF/t CO<sub>2</sub> im Jahr 2014 erhöht worden. Zum 1.1.2016 wurde die CO<sub>2</sub>-Abgabe in einem weiteren Schritt auf 84 CHF/t CO<sub>2</sub> angehoben, da das Reduktionszwischenziel im Jahr 2014 erneut nicht erreicht wurde (UVEK 2015). Wie ebenfalls zu sehen ist, machte die CO<sub>2</sub>-Abgabe im Jahr 2014 mit 15,2% bei Erdgas und 21,1% bei Heizöl einen beachtlichen Anteil des Endkonsumentenpreises aus. Durch die Erhöhung auf 84 CHF/t CO<sub>2</sub> dürfte dieser Anteil nun voraussichtlich sogar bei Erdgas bei knapp 20% und bei Heizöl bei über 25% liegen.

**Tab. 6: Abgabesatz der CO<sub>2</sub>-Abgabe pro Tonne CO<sub>2</sub> von 2008 bis 2014**

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>CO<sub>2</sub>-Abgabe</b>	CHF/t CO <sub>2</sub>	12	12	36	36	36	36	60
<b>Heizöl</b>								
CO <sub>2</sub> -Abgabe	CHF/100Liter	3.2	3.2	9.5	9.5	9.5	9.5	15.9
Endkonsumentenpreis <sup>1)</sup>	CHF/100Liter	83.2	52.5	64.7	74.1	79.1	76.6	75.5
CO <sub>2</sub> -Abgabe in % Endkonsumentenpreis		3.8%	6.1%	14.7%	12.9%	12.1%	12.5%	21.1%
<b>Erdgas</b>								
CO <sub>2</sub> -Abgabe	Rp./kWh	0.24	0.24	0.71	0.71	0.71	0.71	1.19
Endkonsumentenpreis <sup>2)</sup>	Rp./kWh	7.7	7.3	6.9	7.2	7.6	7.7	7.8
CO <sub>2</sub> -Abgabe in % Endkonsumentenpreis		3.1%	3.3%	10.3%	9.9%	9.4%	9.3%	15.2%

<sup>1)</sup> Kategorie 3001 bis 6000 Liter, <sup>2)</sup> Typ II (Jahresverbrauch: 20'000 kWh)

Quelle: Ecoplan et al. 2015: 4

Die Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Abgabe werden nicht komplett rückverteilt. Von den Gesamteinnahmen von etwa 1 Mrd. CHF fließen etwa ein Drittel in ein Gebäudeprogramm zur Unterstützung von energetischen Sanierungen (max. 300 Mio. CHF) und weitere 25 Mio. CHF fließen in einen Technologiefonds. Die restlichen Einnahmen werden entsprechend des Verhältnisses bei der Einnahmeerzielung an die Wirtschaft und die Bevölkerung rückverteilt (Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft 01.01.2017: 9. Kapitel). Im Jahr 2017 liegt der geschätzte Rückverteilungsbetrag für die privaten Haushalte bei 451 Mio. CHF, was einem Betrag von 53,4 CHF pro Einwohner entspricht (Bundesamt für Umwelt 2016).

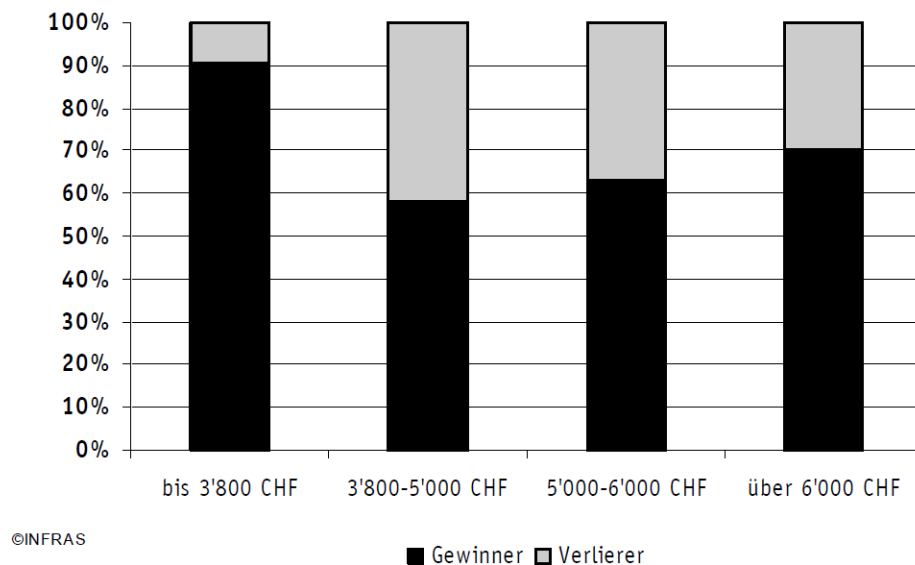
Eine Studie zur Bestimmung der Wirksamkeit der CO<sub>2</sub>-Abgabe ergibt auf Basis von Modellrechnungen, dass durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe im Zeitraum 2008-2013 insgesamt 2,5 bis 5,4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> weniger emittiert wurden, was einer Reduktion um 2,5% bis 6% der gesamten Brennstoffemissionen entspricht (Ecoplan et al. 2015: 3). Weiter stellt die Studie fest, dass die CO<sub>2</sub>-Abgabe kurz- und mittelfristig

zu einer Substitution des Brennstoffs Heizöl geführt hat, hin zu weniger CO<sub>2</sub>-intensiven Brennstoffen, und dass davon auszugehen sei, dass steigende CO<sub>2</sub>-Abgaben zu einer weiteren Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen führen: „Die empirischen Resultate zeigen noch keine sich erschöpfenden CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale (keine stark steigenden Grenzkosten der CO<sub>2</sub>-Minderung)“ (Ecoplan et al. 2015: 3).

Zusammen wurden durch die VOC-Lenkungsabgabe und die CO<sub>2</sub>-Abgabe für das Jahr 2017 insgesamt 573 Mio. CHF rückverteilt an die Schweizer Bevölkerung. Das entspricht einem Betrag von 67,80 CHF pro Einwohner (Bundesamt für Umwelt 2016).

Neben den beiden vorgestellten Lenkungsabgaben auf der nationalen Ebene gibt es in der Schweiz auch Lenkungsabgaben auf kantonaler Ebene. In dem Kanton Basel-Stadt wird bereits seit dem Jahr 1999 im Rahmen des Stromspar-Fonds Basel ein Ökobonus – der sogenannte Stromspar-Bonus – ausbezahlt. Zur Einnahmeerzielung wird der Stromverbrauch belastet. Die Abgabehöhe liegt dabei je nach Stromtarif und Abnehmer zwischen 3,1 bis 6,0 Rappen/kWh, wobei hohe Verbräuche etwas höher belastet werden als niedrigere: So wird für einen Einfachtarif bis 7.500kWh eine Abgabe von 4,9 Rappen/kWh fällig, für einen Einfachtarif ab 7.500kWh hingegen 5,9 Rappen/kWh (Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt 01.02.2015: 8). Die gesamten Einnahmen aus der Abgabe werden rückverteilt. Bei den privaten Haushalten erfolgt dies mittels des Stromspar-Bonus, der allen Einwohner des Kantons Basel-Stadt (Stichtag 16.12. des Vorjahres) ausbezahlt wird. Im Jahr 2016 lag der Stromspar-Bonus bei 65 CHF pro Einwohner. Bezüglich der Wirkungen des Stromspar-Fonds veröffentlichten Iten und Beck im Jahr 2003 eine Evaluationsstudie. Dort attestieren sie dem Stromspar-Fonds ein Einsparpotenzial von 6% (Preiselastizität -0,3) beziehungsweise 8% (Preiselastizität -0,1) des Stromverbrauchs innerhalb von 10 Jahren (Iten und Beck 2003: 12). Iten und Beck nahmen auch eine Analyse der Verteilungswirkungen vor. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Stichprobengröße mit 81 Haushalten recht klein ist. In Schaubild 16 sind die Anteile der Gewinner beziehungsweise Verlierer dieser Stichprobe aufgeteilt nach dem Nettoäquivalenzeinkommen dargestellt. Wie dort zu sehen ist, ist der Anteil der Gewinner mit 90% in der niedrigsten Einkommensklasse „bis 3.800 CHF“ am höchsten. Allerdings ist in der direkt darauffolgenden Einkommensklasse „3.800-5.000 CHF“ der kleinste Anteil der Gewinner festzustellen. Danach steigt der Anteil der Gewinner über die nächsten beiden Einkommensklassen wieder an. Eine klare Korrelation zwischen Einkommen und Verteilungswirkung ist also nicht erkennbar. Iten und Beck (2003: 144) erklären dies unter anderem damit, dass die Stichprobe nicht repräsentativ sei und „tendenziell vor allem höhere Einkommensklassen ihre Einkommen nicht angegeben haben“.<sup>46</sup>

<sup>46</sup> Die fehlende Repräsentativität der Stichprobe könnte auch erklären, warum der Anteil der Gewinner im Durchschnitt höher liegt als der Anteil der Verlierer (siehe Schaubild 16).

**Schaubild 16: Gewinner und Verlierer des Stromspar-Bonus pro Äquivalenzeinkommensklasse (n=81)**

Quelle: Iten und Beck 2003: 145

Bei den Auswertungen zeigte sich jedoch bezüglich einer anderen Variablen eine eindeutige Korrelation, nämlich bezüglich der Anzahl der Haushaltsmitglieder. Wie in Tab. 7 zu sehen ist, steigt der Saldo des Stromspar-Bonus mit der Anzahl der Haushaltsmitglieder an. Während Ein-Personen-Haushalte durchschnittlich mit einem Saldo von -13 CHF zu den Verlierern zählen, liegt der Saldo bei Zwei-Personen-Haushalten mit +6 CHF schon im positiven Bereich, steigt bei Drei-Personenhaushalten auf +39 CHF und bei über mehr als Drei-Personen-Haushalten schließlich auf mindestens +81 CHF. Hier zeigen sich deutlich die durch gemeinsame Nutzung erzielbaren Einsparmöglichkeiten (Skaleneffekte).

**Tab. 7: Gewinner und Verlierer des Stromspar-Bonus 2014 nach Anzahl der Haushaltsmitglieder**

Anzahl Personen	1	2	3	Über 3
Mittelwert Stromverbrauch in kWh/Jahr (1)	1'850	2'550	3'400	3'750
Lenkungsabgabe pro kWh im Einfachtarif	3.7 Rp./kWh	3.7 Rp./kWh	3.7 Rp./kWh	3.7 Rp./kWh
Lenkungsabgabe pro Jahr in CHF	68	94	126	139
Jährlicher Bonus in CHF	55	110	165	> 220
Saldo pro Jahr in CHF	-13	+6	+39	> +81
Gewinner/Verlierer	Verlierer	Knapp Gewinner	Gewinner	Gewinner

Quelle: Iten und Beck 2003: 146

Ob die Lenkungsabgaben und der damit verbundene Ökobonus in der Schweiz weiter ausgebaut werden, ist derzeit noch nicht absehbar. Der Schweizer Bundesrat schlug im Rahmen der Energiestrategie 2050 zwar eine Verfassungsänderung vor, deren Ziel es war, dass ab dem Jahr 2021 ein weiterer „Übergang vom Förder- zum Lenkungssystem“ (EFD und UVEK 2015: 1) stattfindet, wobei „die Erträge der Klima- und Stromabgaben [...] – nach einer Übergangszeit – vollständig an Haushalte und Unternehmen rückverteilt werden“ (EFD und UVEK 2015: 1). Als besonderer Vorteil der Lenkungsabgaben wird

dabei hervorgehoben, dass durch den damit verknüpften Ökobonus die regressiven Verteilungswirkungen einer höheren Energie- und Umweltbesteuerung kompensiert werden können und sollen (EFD und UVEK 2015: 9). Allerdings wurde diese Verfassungsänderung vom Nationalrat im März 2017 abgelehnt, weswegen ein weiterer Ausbau der Lenkungsabgaben – über die bereits im CO<sub>2</sub>-Gesetz festgelegte mögliche Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Abgabe auf 120 CHF/t CO<sub>2</sub> hinaus – erst einmal nicht weiter verfolgt wird (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017: 9).

Im Rahmen der vom Bundesrat geplanten Verfassungsänderung wurden die voraussichtlichen Verteilungswirkungen eines Ausbaus des Lenkungssystems in einer Studie von Müller und Spillmann genauer untersucht. Bei der Studie werden die Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems bis zum Jahr 2030 mittels eines Gleichgewichtsmodell (SWISSGEM\_E) für verschiedene Szenarien berechnet. Folgende Szenarien werden betrachtet (Müller und Spillmann 2015: 11-15):

- Abgabevariante 1: Die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe steigt bis ins Jahr 2030 auf 168 CHF/t CO<sub>2</sub>. Treibstoffe werden nicht berücksichtigt.
- Abgabevariante 2: Die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe steigt bis 2030 auf 240 CHF/t CO<sub>2</sub>. Treibstoffe werden nicht berücksichtigt.
- Abgabevariante 3: Die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe entspricht derjenigen in Abgabevariante 2. Zusätzlich wird eine CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Treibstoffe erhoben, welche auf 56 CHF/t CO<sub>2</sub> im Jahr 2030 steigt.
- Abgabevariante 4: Die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe erhöht sich bis 2030 bis auf 336 CHF/t CO<sub>2</sub>. Bei Treibstoffen steigt die Abgabe bis ins Jahr 2030 auf 112 CHF/t CO<sub>2</sub>.
- Uniforme Abgabe: Die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffe erhöht sich bis 2030 bis auf 309 CHF/t CO<sub>2</sub>.

Bei allen fünf Varianten wird angenommen, dass die Einnahmen aus den Abgaben an die Haushalte entsprechend ihres Anteils an der Einnahmeerzielung in Form eines pauschalen Ökobonus und an die Wirtschaft entsprechend der Höhe der AHV-pflichtigen Lohnsumme (AHV=Alters- und Hinterlassenenversicherung)<sup>47</sup> rückverteilt werden.

Wie in Tab. 8 zu sehen ist, ergeben die Berechnungen, dass das Erreichen einer 40-prozentigen Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zum Jahr 1990 allein mit der Abgabevariante „Uniforme Abgabe“ erreicht werden könnte; zumindest dann, wenn über das Klima- und Energielenkungssystem hinaus keine weiteren Maßnahmen ergriffen würden. Wie dort ebenfalls zu sehen ist, führen alle Abgabevari-

<sup>47</sup> Je höher die Löhne, desto höher ist der Auszahlungsbetrag. Diese Bevorzugung von Hochlohnbranchen wird auch kritisch in der Studie diskutiert und alternativ eine Kappung vorgeschlagen (Müller und Spillmann 2015: 52).

rianten im Vergleich zum „Weiter-wie-bisher“-Szenario (WWB) zu einem Wohlfahrtsverlust, der zwischen 0,10% (Abgabevariante 1) und 0,35% (Uniforme Abgabe) liegt. Bei der Berechnung der Wohlfahrtsänderungen werden allerdings allein die wirtschaftlichen Effekte berücksichtigt, die positiven Wohlfahrtseffekte durch eine niedrigere Umweltbelastung werden hingegen nicht einbezogen. Insofern sind die Wohlfahrtsberechnungen also nicht vollständig.

Die wirtschaftlichen Effekte bestehen auf der negativen Seite aus dem durch die Energiepreiserhöhungen resultierendem Sinken der Realeinkommen. Auf der positiven Seite ergeben sie sich aus der Rückverteilung der Abgabeneinnahmen, die zum einen über den Ökobonus zu einer direkten Einkommenssteigerungen der Haushalte führt, und zum anderen durch die Rückverteilung an die Unternehmen, die zu einer Senkung der Lohnnebenkosten führt und darüber ebenfalls positive Auswirkungen auf die privaten Haushalte hat (Müller und Spillmann 2015: 48).<sup>48</sup> Zur Berechnung der durch die wirtschaftlichen Effekte ausgelösten Wohlfahrtsänderungen setzen Müller und Spillmann dabei die sogenannte Hicks' äquivalente Variation (HEV) ein:

*„Die HEV gibt an, wie viel Einkommen, gemessen zu Preisen des Referenzszenarios WWB, den Haushalten gegeben resp. genommen werden müsste, damit sie gleich gut wie in den berechneten Abgabevarianten 1 bis 4 gestellt werden. Bei der Berechnung der HEV werden somit die veränderten Arbeits- und Kapital- sowie Konsumgüterpreise berücksichtigt.“ (Müller und Spillmann 2015: 48)*

**Tab. 8: Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben und verbleibende Zielerreichungslücke**

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.		Zielszenario -40%, Jahr 2030					
		WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4	Uniforme Abgabe
CO2- und Stromabgaben							
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	309
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.81
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	309
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.73
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	20%	20%	20%	19%	19%
	Rp./kWh	2.3	4.6	4.5	4.5	4.3	4.3
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Ziellücke	Mio. t CO2	6.3	5.1	4.5	3.4	1.8	0.0
"	in %	100% ❌	82% ❌	72% ❌	54% ❌	29% ❌	0% ✅
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB							
Wohlfahrt (exkl. Klima- und Sekundärnutzen)	Δ % WWB		-0.10 %	-0.13 %	-0.16 %	-0.24 %	-0.35 %
Konsum	Δ % WWB		-0.2 %	-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.9 %
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB							
BIP	Δ % WWB		-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.9 %	-1.3 %
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.08 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.5 %
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB							
Exporte	Δ % WWB		-0.5 %	-0.7 %	-1.0 %	-1.4 %	-2.1 %
Importe	Δ % WWB		-0.5 %	-0.6 %	-0.9 %	-1.3 %	-2.0 %

Quelle: Müller und Spillmann 2015: 14

<sup>48</sup> Für ausführlichere Erläuterungen zu den Auswirkungen der Abgaben auf die Wohlfahrt, den Konsum, das BIP und die Beschäftigung siehe Müller und Spillmann (2015: 47-54).



Zur Bestimmung der Verteilungswirkungen werden die Schweizer Haushalte in 16 Haushaltsgruppen eingeteilt (Müller und Spillmann 2015: 58):

- NoKids1 bis 5: erwerbstätige Haushalte ohne Kinder, die nach Quintilen des Lebensstandards unterteilt sind. NoKids1 enthält dabei die 20% der „ärmsten“ Haushalte ohne Kinder und NoKids5 die 20% der „reichsten“ Haushalte ohne Kinder.
- Kids1 bis 5: erwerbstätige Haushalte mit Kindern, die nach Quintilen des Lebensstandards unterteilt sind.
- Rentner1 bis 5: Rentnerhaushalte, die nach Quintilen des Lebensstandards unterteilt sind.
- Kapitalist: Weder Erwerbstätige, noch Rentner (Restgröße).

Die Nettoverteilungswirkungen der fünf Abgabevarianten sind – aufgeteilt in die 16 Haushaltsgruppen – in Tab. 9 dargestellt. Die Ergebnisse sind zwar nicht eindeutig, in der Tendenz zeigt sich aber über die Einkommensklassen, insbesondere bei höheren den Abgabevarianten, eine progressive Nettoverteilungswirkung: So würde bei der höchsten Abgabevariante, der uniformen CO<sub>2</sub>-Abgabe, bei Haushalten mit Kindern beim ärmsten Quintil sogar ein Wohlfahrtsgewinn von 0,20% auftreten, der dann über -0,06% im zweiten Quintil auf -0,15% im dritten, 0,18% im vierten und -0,30% im fünften Quintil stetig abnimmt beziehungsweise sich in einen ansteigenden Wohlfahrtsverlust umkehrt. Ein ähnlicher Zusammenhang zeigt sich bei den Haushalten ohne Kinder, wobei hier auch schon im ersten Quintil ein Wohlfahrtsverlust von -0,20% auftritt und die Wohlfahrtsverluste der weiteren Quintile entsprechend höher ausfallen (-0,51% im fünften Quintil). Nicht ganz so eindeutig fällt der Zusammenhang bei den Rentnern aus: Hier liegt zwar vom ersten bis vierten Quintil ebenfalls eine progressive Verteilungswirkung vor, allerdings fällt der Wohlfahrtsverlust dann vom vierten zum fünften Quintil von -0,63% auf -0,41% wieder ab. Insgesamt zeigt sich, dass Haushalte mit Kindern am wenigsten – sie würden im ersten Quintil sogar profitieren –, Haushalte ohne Kinder etwas stärker und Rentner-Haushalte am stärksten belastet würden. Erklären lassen sich die Unterschiede zum einen damit, dass Haushalte mit Kindern im Durchschnitt mehr Haushaltsmitglieder besitzen und daher wegen der Skaleneffekte in höherem Maße vom Ökobonus profitieren; und zum anderen dadurch, dass Rentner nicht von der Rückverteilung an die Unternehmen über die AHV-Lohnsumme profitieren, da sie nicht erwerbstätig sind (Müller und Spillmann 2015: 15).

Tab. 9: Soziale Verteilungswirkungen – Wohlfahrtseffekte für die einzelnen Haushalte

	Zielszenario -40%, Jahr 2030: NUR Abgabe (ohne Ziellückenschliessung)				
	Abgabevariante 1	Abgabevariante 2	Abgabevariante 3	Abgabevariante 4	uniforme
	(nur Wirkung der Abgabe exkl. Standards)				CO <sub>2</sub> -Abgabe
Kapitalist	-0.03%	-0.05%	-0.08%	-0.13%	-0.19%
Kids1	-0.02%	0.01%	0.08%	0.14%	0.20%
Kids2	-0.04%	-0.03%	-0.01%	-0.01%	-0.06%
Kids3	-0.04%	-0.05%	-0.05%	-0.08%	-0.15%
Kids4	-0.05%	-0.06%	-0.07%	-0.11%	-0.18%
Kids5	-0.08%	-0.10%	-0.13%	-0.19%	-0.30%
NoKids1	-0.14%	-0.16%	-0.13%	-0.16%	-0.20%
NoKids2	-0.11%	-0.14%	-0.18%	-0.26%	-0.42%
NoKids3	-0.11%	-0.14%	-0.19%	-0.30%	-0.47%
NoKids4	-0.10%	-0.13%	-0.19%	-0.30%	-0.49%
NoKids5	-0.12%	-0.15%	-0.22%	-0.33%	-0.51%
Rentner1	-0.32%	-0.42%	-0.34%	-0.42%	-0.29%
Rentner2	-0.27%	-0.37%	-0.37%	-0.51%	-0.54%
Rentner3	-0.26%	-0.35%	-0.37%	-0.51%	-0.58%
Rentner4	-0.24%	-0.34%	-0.37%	-0.53%	-0.63%
Rentner5	-0.13%	-0.18%	-0.22%	-0.32%	-0.41%

Quelle: Müller und Spillmann 2015: 61

Wie bereits oben erwähnt, ist die Einsparung von CO<sub>2</sub> bei jeder Variante der Lenkungsabgabe mit einem Wohlfahrtsverlust verbunden, wobei dieser mit der Höhe der Lenkungsabgabe zunimmt von -0,10% bei „Abgabevariante 1“ bis auf -0,35% bei der Abgabevariante „uniforme Abgabe“ (siehe Tab. 8). Beim Vergleich des Lenkungssystems mit anderen Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-Reduzierung stellen die Autoren jedoch fest: „Bei einem Fördersystem beziehungsweise stark auf regulatorischen Massnahmen basierenden System werden die Wohlfahrtsverluste höher ausfallen.“ (Müller und Spillmann 2015: 15). Müller und Spillmann (2015: 57) begründen diese Aussage zum einen mit qualitativen Überlegungen, die besagen, dass regulatorische Maßnahmen wie beispielsweise Effizienzstandards ...

1. hohe Vollzugs-, Umsetzungs- und Transaktionskosten aufweisen.
2. nicht für den Einzelfall ausgestattet sind, also eine statische Ineffizienz und daher stark unterschiedliche Grenzvermeidungskosten aufweisen.
3. wenn sie nicht regelmäßig an den technischen Fortschritt angepasst werden, dynamisch nicht effizient sind deswegen schwächere oder fehlende Innovationsanreize aufweisen.

Zum anderen wird in der Studie auch eine Variantenrechnung vorgenommen, bei der die Ziellücken zur Erreichung des CO<sub>2</sub>-Reduktionsziels von 40% der Abgabevarianten 1 bis 4 (siehe Tab. 8) mithilfe von erhöhten Effizienzstandards geschlossen werden.<sup>49</sup> Dafür werden „die Verteilungswirkungen einer

<sup>49</sup> Die Abgabevariante „uniforme CO<sub>2</sub>-Abgabe“ ändert sich nicht im Vergleich zu zuvor, da hier keine Ziellücke vorliegt. Bei dieser müssen also keine zusätzlichen Effizienzstandards eingeführt werden.

exogen vorgegebenen Verschärfung bei den Gebäudestandards sowie eines Systems mit effizienten Standards in den übrigen Sektoren grob abgeschätzt“ (Müller und Spillmann 2015: 58). Nach den Berechnungen von Müller und Spillmann führt dies dazu, dass zum einen die Wohlfahrtsverluste im Vergleich zu zuvor deutlich höher ausfallen und zum anderen die Verteilungswirkungen auch deutlich regressiver sind (siehe Tab. 10): Abgesehen von den Haushalten mit Kindern bei Abgabever variante 4 herrschen bei allen Abgabever varianten bei allen drei Haushaltsgruppen (Kids, NoKids, Rentner) nun regressive Verteilungswirkungen vor. Auf die Unterschiede bezüglich der Verteilungswirkungen zwischen Lenkungsabgaben und Effizienzstandards bezogen stellen Müller und Spillmann (2015: 58) fest, dass beide zunächst regressiv wirken, bei den Lenkungsabgaben die regressiven Wirkungen jedoch dank des Ökobonus (über)kompensiert werden können.<sup>50</sup>

Zusammenfassend halten Müller und Spillmann (2015: 3) fest, dass die Vorteile eines Lenkungssystems gegenüber eines Förder- beziehungsweise auf regulatorischen Maßnahmen basierenden Systems darin bestehen, dass es sozialverträglich ausgestaltet und dass eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen mit niedrigeren Wohlfahrtsverlusten erreicht werden kann.

**Tab. 10: Soziale Verteilungswirkungen – Wohlfahrtseffekte für die einzelnen Haushalte bei zusätzlichen Effizienzstandards**

	Zielszenario -40%, Jahr 2030: Abgabe + Ziellückenschließung mit Effizienzstandards				
	Abgabever variante 1	Abgabever variante 2	Abgabever variante 3	Abgabever variante 4	uniforme CO <sub>2</sub> -Abgabe
	(Wirkung der Abgabe inkl. Standards)				
Kapitalist	-0.12%	-0.12%	-0.13%	-0.15%	-0.19%
Kids1	-1.04%	-1.00%	-0.53%	-0.21%	0.20%
Kids2	-0.85%	-0.82%	-0.46%	-0.24%	-0.06%
Kids3	-0.75%	-0.73%	-0.43%	-0.25%	-0.15%
Kids4	-0.68%	-0.66%	-0.40%	-0.25%	-0.18%
Kids5	-0.56%	-0.55%	-0.36%	-0.28%	-0.30%
NoKids1	-1.09%	-1.07%	-0.66%	-0.44%	-0.20%
NoKids2	-0.91%	-0.90%	-0.58%	-0.44%	-0.42%
NoKids3	-0.82%	-0.81%	-0.54%	-0.42%	-0.47%
NoKids4	-0.73%	-0.72%	-0.48%	-0.39%	-0.49%
NoKids5	-0.59%	-0.60%	-0.43%	-0.39%	-0.51%
Rentner1	-1.67%	-1.68%	-1.09%	-0.86%	-0.29%
Rentner2	-1.33%	-1.35%	-0.94%	-0.83%	-0.54%
Rentner3	-1.17%	-1.19%	-0.85%	-0.78%	-0.58%
Rentner4	-1.01%	-1.04%	-0.77%	-0.73%	-0.63%
Rentner5	-0.52%	-0.53%	-0.42%	-0.42%	-0.41%

Quelle: Müller und Spillmann 2015: 613

<sup>50</sup> Müller und Spillmann (2015: 58) weisen jedoch darauf hin, dass auch Effizienzstandards denkbar sind, die progressiv wirken, die regressive Belastungswirkung „dürfte aber auf die meisten Standards zutreffen“.

## 5.6 Zusammenfassung

Bezüglich des Forschungsstands zu den Verteilungswirkungen der Internalisierung von externen Kosten lassen sich folgende Punkte zusammenfassend festhalten.

- Aus der Bruttoperspektive besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass die Belastungswirkungen der Internalisierung externer Kosten regressiv ausfallen, ärmere Haushalte also relativ gesehen stärker belastet werden als reichere. Das gilt zwar nicht für alle Länder, für Deutschland haben dies aber verschiedene Studien zum Beispiel zur Wirkung der ökologischen Steuerreform oder der EEG-Umlage übereinstimmend gezeigt (siehe Kapitel 5.2 und 5.4).
- Es lassen sich allerdings Unterschiede zwischen den Energiebereichen ausmachen. Bei Strom ist der regressive Zusammenhang am stärksten, bei Wärme etwas schwächer und beim Verkehr wird vor allem die Mittelschicht stark belastet, wobei auch beim Verkehr die niedrigste relative Belastung bei den reichsten Haushalten vorliegt (siehe Kapitel 5.2 und 5.4.1).
- Soweit über die Internalisierung externer Kosten Einnahmen generiert werden, können diese für verschiedene Zwecke eingesetzt werden. Ein möglicher Einsatzzweck stellt die Kompensation der negativen Verteilungswirkungen dar. Damit könnte die Akzeptanz der Internalisierungsmaßnahmen und damit auch die Chance für deren Umsetzung erhöht werden (siehe Kapitel 5.3).
- Ein mögliches Instrument zur Kompensation der regressiven Verteilungswirkungen stellt der Ökobonus dar. Dieser wird in der Schweiz bereits eingesetzt. Sowohl theoretische Überlegungen als auch empirische Befunde belegen, dass der Ökobonus den regressiven Belastungswirkungen der Internalisierung wirksam entgegenwirkt und — je nach Ausgestaltung — sogar zu einer progressiven Verteilungswirkung führt. Allerdings können die Einnahmen aus der Internalisierung dann nicht mehr für andere Zwecke eingesetzt werden, wie zum Beispiel zur Erzielung einer ökonomischen oder ökologischen oder ökonomischen Doppeldividende. Bei der Auswahl des Instruments des Einnahmerekyclings besteht also ein „trade-off between efficiency and fairness“ (Wang et al. 2016: 1125f) (siehe Kapitel 5.3 und 5.5).

## 6 Methodik

### 6.1 Überblick

Im folgenden Kapitel wird die im Rahmen dieser Arbeit zur Beantwortung der zentralen Forschungsfrage – also der sozialen Verträglichkeit einer Internalisierung der externen Kosten – entwickelte Methodik vorgestellt. Da die Methodik aus vielen Einzelschritten besteht, wird für einen ersten Überblick in Kapitel 6.2 ein Ablaufschema präsentiert, anhand dessen das grundsätzliche methodische Vorgehen in groben Zügen erläutert wird. In Kapitel 6.3 werden die wichtigsten verwendeten Datensätze vorgestellt. In den darauffolgenden Unterkapiteln 6.4 bis 6.6 werden die einzelnen methodischen Schritte näher erläutert. In Kapitel 6.7 wird schließlich eine komprimierte Übersicht in tabellarischer Form vorgestellt, die die wichtigsten Methodik noch einmal zusammengefasst darstellt, hierbei aber deutlich genauer als das Ablaufschema ist (unter anderem durch Darstellung aller verwendeten Formeln und Rechenschritte).<sup>51</sup>

Selbst in den ausführlicheren Unterkapiteln können allerdings nur die grundsätzlichen Berechnungsschritte und die wichtigsten Annahmen dargestellt werden. Für genauere Erläuterungen sei auf die jeweiligen Bereichskapitel verwiesen, in denen die konkreten Berechnungen stattfinden. Um die Formeln übersichtlich zu halten, werden außerdem die in den einzelnen Berechnungsschritten nach und nach eingeführten Differenzierungsebenen nur innerhalb der jeweiligen Schritte in Form von hochbeziehungsweise tiefgestellten Buchstaben beziehungsweise Ziffern (Superscript, Subscript) kenntlich gemacht, in den darauffolgenden Schritten hingegen (in der Regel) nicht mehr. Im Text wird jedoch jeweils darauf eingegangen, auf welchen Ebenen die Berechnung stattfindet.

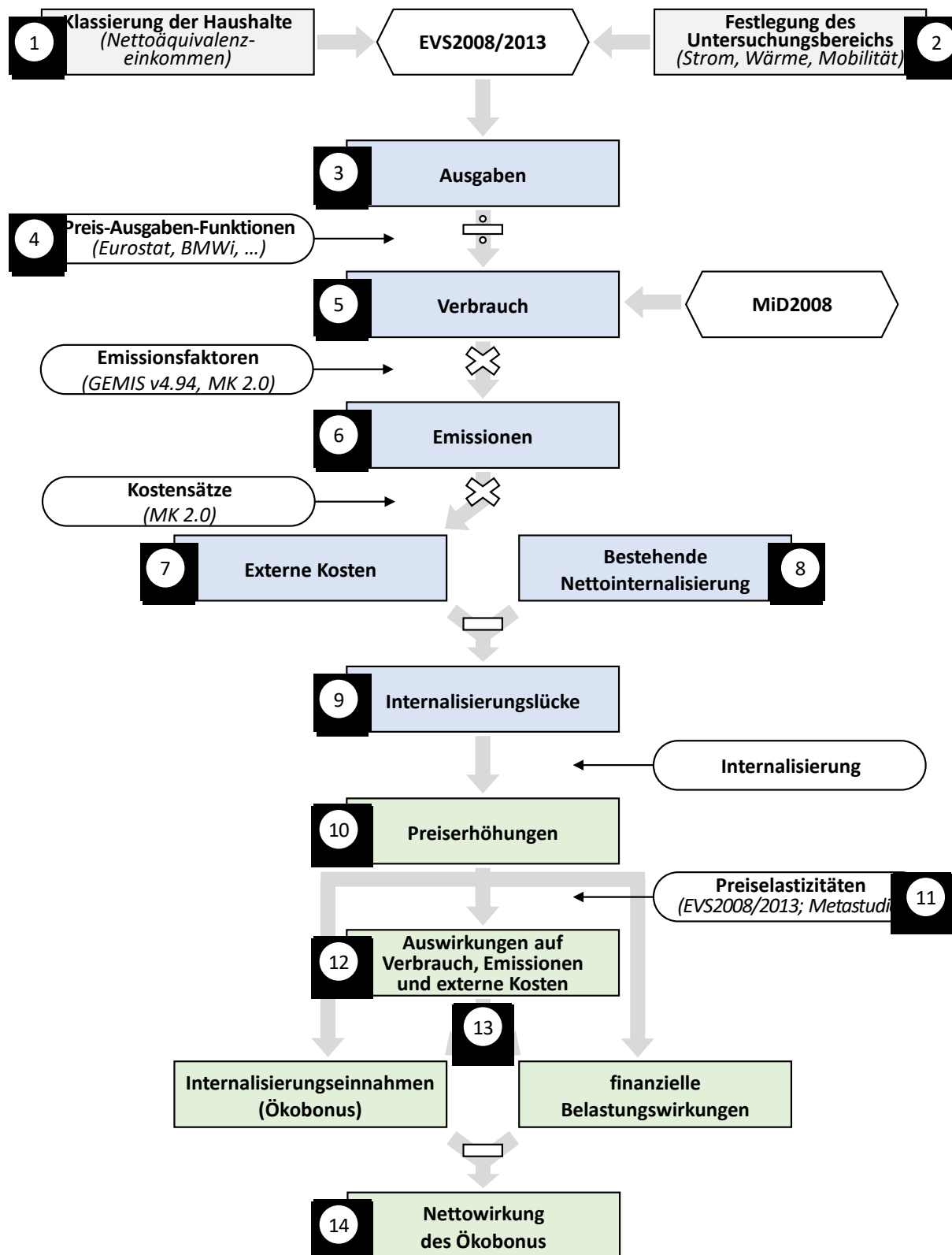
### 6.2 Übersicht der Methodik

In Schaubild 17 ist der Ablauf der Methodik in schematischer Form dargestellt. Die Methodik ist in 14 Schritte aufgeteilt, dabei kann eine grobe Dreiteilung vorgenommen werden: Die in grauer Farbe gehaltenen Schritte 1 und 2 stellen „vorbereitende Schritte“ (siehe Kapitel 6.4) dar, die blau eingefärbten Schritte 3 bis 9 enthalten die „bereichsspezifischen Berechnungsschritte bis zur Internalisierungslücke“ (siehe Kapitel 6.5) und die grün unterlegten Schritte 10 bis 14 befassen sich mit der „bereichsübergreifenden Berechnung der Auswirkungen der Internalisierung“ (siehe Kapitel 6.6).

---

<sup>51</sup> Zur Nachvollzieh- und Replizierbarkeit der Berechnungen werden die erstellten SPSS-Syntaxfiles in elektronischer Form zusammen mit der vorliegenden Arbeit veröffentlicht. Weitere Informationen und Erläuterungen werden vom Autor gerne auf Anfrage zur Verfügung gestellt.

### Schaubild 17: Ablaufschema der Methodik



Quelle: eigene Darstellung

Den Ausgangspunkt der Auswertungen stellen die Scientific-Use-Files (SUF) der Einkommens- und Verbrauchsstichproben der Jahre 2008 (EVS2008; FDZ 2010) und 2013 (EVS2013; FDZ 2016) dar (siehe Kapitel 6.3.2). Als Variable zur Feststellung der ökonomischen Leistungsfähigkeit der Haushalte wird das Nettoäquivalenzeinkommen berechnet, auf dessen Basis die Haushalte zur Darstellung und Analyse der Ergebnisse in Dezile eingeteilt werden (Schritt 1, siehe Kapitel 6.4). Auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Daten wird in Schritt 2 (siehe Kapitel 6.4.2) der Untersuchungsbereich auf die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität festgelegt.

Nach diesen vorbereitenden Schritten folgt der zweite Abschnitt der Methodik, der aus den bereichsspezifischen Berechnungen bis zu Internalisierungslücke besteht. Dazu werden zunächst die in den SUF der EVS2008 und EVS2013 enthaltenen Ausgabendaten ausgewertet (Schritt 3, siehe Kapitel 6.5). In Schritt 4 (siehe Kapitel 6.5.2) werden Preis-Ausgaben-Funktionen erstellt, mit deren Hilfe die Ausgaben in Verbräuche (Schritt 5, siehe Kapitel 6.5.3) umgerechnet werden. Da die EVS-Daten im Mobilitätsbereich nicht ausreichend tief differenziert sind, wird zusätzlich das Public-Use-File (PUF) der Erhebung „Mobilität in Deutschland 2008“ (MiD2008; BMVBS 2010; siehe Kapitel 6.3.3) ausgewertet. Anschließend werden die Verbräuche mittels Emissionsfaktoren, die hauptsächlich auf Daten „Globale Emissions-Modell integrierter Systeme“ (GEMIS v4.94; siehe Kapitel 6.3.4) und der Methodenkonvention 2.0 des Umweltbundesamts (Schwermer et al. 2014) beruhen, in Emissionen umgewandelt (Schritt 6, siehe Kapitel 6.5.4), aus denen wiederum durch die Multiplikation mit aus der Methodenkonvention 2.0 stammenden Kostensätzen die verursachten externen Kosten berechnet werden (Schritt 7, siehe Kapitel 6.5.5). In Schritt 8 (siehe Kapitel 6.5.6) wird die in Deutschland bereits bestehende Nettointernalisierung berechnet, indem von den bestehenden Internalisierungsmaßnahmen die bestehenden Subventionen abgezogen werden. Zieht man nun die so berechnete Nettointernalisierungslücke von den berechneten externen Kosten ab, so erhält man die Internalisierungslücken (Schritt 9; siehe Kapitel 6.5.7).

Bis Schritt 9 wurden die Berechnungen bereichsspezifisch dargestellt und durchgeführt, da sich sowohl Quellen als auch Methoden bis dahin teilweise deutlich voneinander unterscheiden. Die Auswirkungen der Internalisierung der externen Kosten können hingegen aufgrund identischer Methoden und weitgehend identischer Quellen bereichsübergreifend vorgenommen werden. In Schritt 10 (siehe Kapitel 6.6.1) werden dabei zunächst die durch die Internalisierung ausgelösten Preiserhöhungen berechnet. Anschließend werden die energieträger- und teilweise auch einkommensspezifischen Preiselastizitäten festgelegt (Schritt 11; siehe Kapitel 6.6.2). Beruhend auf den Preiserhöhungen und den Preiselastizitäten werden in Schritt 12 (siehe Kapitel 6.6.3) die Auswirkungen der Internalisierung auf Verbrauch, Emissionen und externe Kosten berechnet. Auf Basis der neu berechneten Verbräuche und der durch die Internalisierung ausgelösten Preiserhöhungen werden dann die finanziellen Belastungswirkungen der Internalisierung (Bruttoperspektive, Forschungsfrage 1a) berechnet (Schritt 13, siehe

Kapitel 6.6.4). Die finanziellen Belastungen der privaten Haushalte führen – bei entsprechender Ausgestaltung beispielsweise mittels einer Pigou-Steuer – für den Staat zu Internalisierungseinnahmen. Da in dieser Arbeit der Ökobonus als Instrument der Einnahmeverwendung eingesetzt wird, werden diese Einnahmen in Form eines pauschalen Betrages direkt an die Bevölkerung rückverteilt. Im die Methodik abschließenden Schritt 14 (siehe Kapitel 6.6.5) werden die Nettowirkungen des Ökobonus berechnet, indem die finanziellen Belastungen der Internalisierung vom Ökobonus subtrahiert werden. Betrachtet man die Ergebnisse auf der Ebene der gesamten Bevölkerung, so sind die finanziellen Belastungen und der Ökobonus identisch hoch und die Nettowirkung des Ökobonus folgerichtig gleich Null. Auf individueller Ebene ist die Nettowirkung des Ökobonus jedoch je nach Ausmaß der verursachten, bislang nicht internalisierten externen Kosten (= finanzielle Belastung der Internalisierung) unterschiedlich: Sind die nicht internalisierten externen Kosten überdurchschnittlich hoch, so ist die Nettowirkung des Ökobonus negativ; sind die nicht internalisierten externen Kosten unterdurchschnittlich hoch, so ist die Nettowirkung des Ökobonus positiv.

## **6.3 Beschreibung der eingesetzten Datensätze**

### **6.3.1 Überblick**

In der vorliegenden Arbeit werden zahlreiche Datenquellen verwendet. In diesem Kapitel werden die drei Wichtigsten vorgestellt. Dabei handelt es sich um die „Einkommens- und Verbrauchsstichprobe“ (EVS), die Erhebung „Mobilität in Deutschland 2008“ (MiD2008) und das „Globale Emissions-Modell integrierter Systeme“ (GEMIS). Die restlichen verwendeten Datenquellen werden in den jeweiligen Kapiteln ausgewiesen.

### **6.3.2 Einkommens- und Verbrauchsstichproben 2008 (EVS2008) und 2013 (EVS2013)**

Ausgangspunkt der Auswertungen und die Datenquelle, auf die sich die vorliegende Arbeit hauptsächlich stützt, ist die Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS). Die EVS ist eine vom Statistischen Bundesamt seit 1962/63 alle fünf Jahre durchgeführte freiwillige Haushaltsbefragung, bei der mittels einer repräsentativen Quotenstichprobe von etwa 0,2% der deutschen Haushalte sozio-demografische Merkmale, der Bestand an langlebigen Gebrauchsgütern, die Vermögen und die Einnahmen und Ausgaben erfragt werden. Die Einnahmen und Ausgaben werden von den Haushalten über drei Monate in einem Haushaltsbuch festgehalten. Dabei wird ein quartalsweise rotierendes Verfahren eingesetzt, um repräsentative Ergebnisse für das gesamte Jahr zu erhalten. Die EVS stellt die größte Haushaltsbefragung dieser Art in Europa dar (Statistisches Bundesamt 2016b: 4). In der vorliegenden Arbeit werden die Erhebungen der EVS aus den Jahren 2008 (EVS2008) und 2013 (EVS2013) eingesetzt.

Bezüglich der Repräsentativität der Ergebnisse der EVS ist jedoch einschränkend anzumerken, dass bei der EVS (2008 und 2013) eine obere Abschneidegrenze des Haushaltsnettoeinkommens von 18.000



Euro pro Monat eingesetzt wird (Statistisches Bundesamt 2016b: 4). Begründet wird die obere Abschneidegrenze mit einer zu geringen Teilnahmebereitschaft von Haushalten mit hohen Einkommen, was dazu führe, dass die Fallzahlen für diese Haushalte zu gering und damit nicht repräsentativ wären (Statistisches Bundesamt 2016b: 5).<sup>52</sup> Ebenfalls nicht einbezogen in die EVS sind Personen, die in Gemeinschaftsunterkünften oder Anstalten wohnen, sowie Obdachlose.

Die Einteilung und Klassifikation der Einnahmen und Ausgaben in der EVS2008 basiert auf der vom Statistischen Bundesamt entwickelten „Systematik der Einnahmen und Ausgaben der privaten Haushalte“ von 1998 (SEA98) (Statistisches Bundesamt 1998). Bei der EVS2013 wird hingegen die SEA2013 eingesetzt. Diese baut auf der SEA98 auf, wurde jedoch im Zuge von europäischen Harmonisierungsbemühungen und einem sich verändernden Güterangebot sowie veränderten Konsumgewohnheiten in einigen Punkten aktualisiert und präzisiert (Statistisches Bundesamt 2013a: 3). Durch diese Umstellung ergeben sich auch einige Unterschiede bei der Berechnung der Ergebnisse der EVS2008 und EVS2013. Auf diese wird in den jeweiligen Bereichskapiteln eingegangen.

Bei der EVS2008 wurden 55.110 Haushaltsbücher vom Statistischen Bundesamt erfasst (Statistisches Bundesamt 2012b: 8). Das für die vorliegende Arbeit von den Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (FDZ) zur Verfügung gestellte Scientific-Use-File (SUF; FDZ 2010) besteht jedoch nur aus einer 80%-Stichprobe, weswegen sich die Anzahl der für diese Auswertung zur Verfügung stehenden Haushaltsbücher auf 44.088 reduziert. Da in diesen erfassten Haushalten im Durchschnitt 2,28 Personen leben, entspricht dies einer Stichprobengröße von 100.530 Personen. Diese und weitere deskriptive Daten zur EVS2008 sind in Tab. 11 aufgeführt. Aufgeteilt nach dem Nettoäquivalenzeinkommen in Dezile (siehe Kapitel 6.4) zeigt sich, dass im ersten Dezil die Stichprobengröße mit 3.416 Haushalten (5.957 Personen) am geringsten ist und dann kontinuierlich ansteigt bis zum Maximum von 5.638 Haushalten (13.343 Personen) im neunten Dezil. Im zehnten Dezil liegt die Fallzahl mit 5.569 (11.963 Personen) wieder etwas niedriger. Die Fälle werden mittels Hochrechnungsfaktoren gewichtet, um so für Deutschland repräsentative Ergebnisse zu erhalten. Zur Bestimmung der Hochrechnungsfaktoren setzt das Statistische Bundesamt als Kalibrierungsverfahren die „Generalized Regression Estimation“ ein. Die Anpassungsmerkmale basieren dabei für die EVS2008 auf dem Mikrozensus 2008 (Statistisches Bundesamt 2012b: 7) und für die EVS2013 auf dem Mikrozensus 2013 (Statistisches Bundesamt 2016b: 7). Da sich die im Datensatz bereits enthaltenen Hochrechnungsfaktoren auf die Einheit „Haushalte“ beziehen, das Nettoäquivalenzeinkommen jedoch auf die Einheit „Person“, wurden die Hochrechnungsfaktoren mit der Anzahl der Haushaltsmitglieder multipliziert. Durch die Multiplikation der Fälle mit den Hochrechnungsfaktoren ergeben sich bei der

<sup>52</sup> Eine Einschätzung zu den Auswirkungen der oberen Abschneidegrenze wird in Kapitel 14.1.2 gegeben.

EVS2008 hochgerechnete Fallzahlen von etwa 8,05 Mio. Personen für jedes Dezil und eine hochgerechnete Gesamtfallzahl von 80,5 Mio. Personen. Das hochgerechnete Pro-Kopf-Nettoeinkommen liegt durchschnittlich bei 17.173 €/P/a und steigt streng monoton von 6.777 €/P/a im ersten Dezil auf 39.988 €/P/a im zehnten Dezil. Damit beträgt der Durchschnitt im zehnten Dezil das 5,9-fache des ersten Dezils. Das Nettoäquivalenzeinkommen liegt etwas höher als das Pro-Kopf-Nettoeinkommen, da es Skaleneffekte und niedrigere Bedarfe bei Kindern berücksichtigt beziehungsweise unterstellt. Es beträgt in der EVS2008 durchschnittlich 24.091 €/P/a und steigt streng monoton von 8.600 €/P/a im ersten Dezil auf 54.973 €/P/a im zehnten Dezil an. Mit dem 6,4-fachen liegt das Vielfache des zehnten im Vergleich zum ersten Dezil beim Nettoäquivalenzeinkommen noch etwas höher als bei der reinen Pro-Kopf-Betrachtung.

**Tab. 11: Deskriptive Statistiken der EVS2008**

Dezile	Fälle	Anzahl der Haushaltsmitglieder	Fälle	Hochrechnungsfaktor	Hochgerechnete Fälle	Pro-Kopf-Nettoeinkommen	Nettoäquivalenzeinkommen
	Haushalte	ohne HRF	Personen	Personen	Personen	€/P/a	€/P/a
<b>1</b>	3.416	1,74	5.957	2.356	8.049.233	6.777	8.600
<b>2</b>	3.451	2,08	7.179	2.331	8.042.648	9.109	12.321
<b>3</b>	3.675	2,22	8.172	2.192	8.055.313	10.912	15.071
<b>4</b>	3.863	2,36	9.112	2.082	8.043.663	12.369	17.499
<b>5</b>	4.015	2,40	9.622	2.005	8.050.154	13.934	19.859
<b>6</b>	4.448	2,40	10.665	1.810	8.049.026	15.785	22.395
<b>7</b>	4.742	2,45	11.601	1.698	8.050.364	17.674	25.327
<b>8</b>	5.271	2,45	12.916	1.526	8.045.306	20.423	29.294
<b>9</b>	5.638	2,37	13.343	1.427	8.045.856	24.755	35.567
<b>10</b>	5.569	2,15	11.963	1.446	8.050.140	39.988	54.973
<b>Ø</b>	<b>44.088</b>	<b>2,28</b>	<b>100.530</b>	<b>1.825</b>	<b>80.481.703</b>	<b>17.173</b>	<b>24.091</b>

Quelle: FDZ 2010; eigene Berechnung; HRF = Hochrechnungsfaktor

Bei der EVS2013 wurden vom Statistischen Bundesamt insgesamt 55.490 Haushaltsbücher ausgewertet (Statistisches Bundesamt 2016b: 8). Ausgelöst durch die 80%-Stichprobe liegt die Anzahl der Haushaltsbücher in der in dieser Arbeit verwendeten SUF (FDZ 2016) bei 42.792 (siehe Tab. 12). Dezilspezifisch liegt der Maximalwert der Fallzahl von 5.048 Haushaltsbüchern im neunten und der Minimalwert von 3.637 Haushaltsbüchern im zweiten Dezil vor. Durch die Multiplikation der Fallzahlen mit der Anzahl der Haushaltsmitglieder ergibt sich eine Gesamtfallzahl von 89.977 Personen. Werden diese mit den personenbezogenen Hochrechnungsfaktoren multipliziert, ergibt sich eine hochgerechnete Gesamtfallzahl von 78,7 Mio. Personen. Das Pro-Kopf-Nettoeinkommen liegt in der EVS2013 durchschnittlich bei 18.811 €/P/a und steigt streng monoton von 7.653 €/P/a im ersten auf 42.730 €/P/a im zehnten Dezil an. Das Pro-Kopf-Nettoeinkommen des zehnten Dezils liegt damit beim 5,6-fachen des ersten Dezils. Das Nettoäquivalenzeinkommen beträgt durchschnittlich 26.249 €/P/a und steigt streng

monoton von 9.458 €/P/a auf 58.509 €/P/a an und beträgt damit im zehnten Dezil das 6,2-fache des ersten Dezils. Im Vergleich zur EVS2008 zeigt sich beim Nettoäquivalenzeinkommen ein durchschnittlicher Anstieg von 9% (180 €/P/a), wobei der relative Anstieg in den Dezilen fünf, sechs und sieben mit 11% am größten und im zehnten Dezil mit 6% am geringsten ausfällt. Absolut betrachtet ist der Anstieg jedoch im zehnten Dezil mit 295 €/P/a am größten. Bei der Interpretation des Anstiegs muss man jedoch berücksichtigen, dass es sich hier um jeweilige Preise handelt. Zieht man die durch den Verbraucherpreisindex zwischen 2008 und 2013 angezeigte durchschnittliche Teuerung von 7% (Statistisches Bundesamt 2017b) vom durchschnittlichen Anstieg von 9% ab, so zeigt sich letztlich ein um etwa 2% gestiegenes und damit relativ konstant gebliebenes durchschnittliches Nettoäquivalenzeinkommen.<sup>53</sup>

**Tab. 12: Deskriptive Statistiken der EVS2013**

Dezile	Fälle	Anzahl der Haushaltsmitglieder	Fälle	Hochrechnungsfaktor	Hochgerechnete Fälle	Pro-Kopf-Nettoeinkommen	Nettoäquivalenzeinkommen
	<i>Haushalte</i>	<i>ohne HRF</i>	<i>Personen</i>	<i>Personen</i>	<i>Personen</i>	€/P/a	€/P/a
<b>1</b>	3.842	1,58	6.059	2.048	7.870.301	7.653	9.458
<b>2</b>	3.637	1,93	7.021	2.164	7.870.365	10.026	13.444
<b>3</b>	3.760	2,06	7.757	2.097	7.885.291	12.071	16.520
<b>4</b>	3.943	2,15	8.483	1.994	7.862.488	13.826	19.319
<b>5</b>	4.158	2,21	9.194	1.894	7.876.252	15.622	21.991
<b>6</b>	4.253	2,26	9.601	1.851	7.873.882	17.347	24.772
<b>7</b>	4.482	2,27	10.179	1.757	7.873.582	19.572	28.030
<b>8</b>	4.764	2,27	10.822	1.653	7.872.659	22.365	32.104
<b>9</b>	5.048	2,18	11.027	1.560	7.873.251	26.900	38.351
<b>10</b>	4.905	2,00	9.834	1.605	7.870.799	42.730	58.509
<b>Ø</b>	<b>42.792</b>	<b>2,10</b>	<b>89.977</b>	<b>1.840</b>	<b>78.728.870</b>	<b>18.811</b>	<b>26.249</b>

Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung; HRF = Hochrechnungsfaktor

Weitere Informationen zu den Erhebungs- und Hochrechnungsverfahren können den jeweiligen Qualitätsberichten des Statistischen Bundesamts entnommen werden (Statistisches Bundesamt 2012b; Statistisches Bundesamt 2016b). Die Datensatzbeschreibungen der EVS2008 und EVS2013, die die Variablennamen-Codes und Benennungen beinhalten, können gemeinsam mit weiteren Metadaten auf der Website des Forschungsdatenzentrums heruntergeladen werden (FDZ 2017).

<sup>53</sup> Für die hier vorgenommenen Berechnungen wurde eine einheitliche Inflationsrate angenommen. Der Frage nach einkommensspezifisch voneinander abweichenden Inflationsraten wurde in einem separaten Aufsatz nachgegangen. Dort zeigte sich, dass ärmere Haushalte im Zeitraum Januar 2005 bis Juli 2014 etwas stärker von Inflation betroffen waren als reichere. So wies die durchschnittliche Inflationsrate in diesem Zeitraum im ersten Nettoäquivalenzeinkommensdezil mit 1,71% ihren Maximalwert auf und fällt dann beinahe monoton ab auf 1,50% im zehnten Dezil, was den Minimalwert darstellt. Für nähere Informationen dazu siehe Held (2014).

### 6.3.3 Mobilität in Deutschland 2008 (MiD2008)

Da die EVS im Mobilitätsbereich relativ undifferenziert ist, wird hierfür als zusätzliche Datenquelle die Erhebung „Mobilität in Deutschland 2008“ (MiD2008) herangezogen. Bei dieser gemeinsam vom Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH (infas) und dem Institut für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) durchgeführten Befragung handelt es sich um eine Weiterentwicklung der im Jahr 2002 – damals zusammen von infas und dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin) – realisierten Studie „Mobilität in Deutschland 2002“ (MiD2002). Diese wiederum stellt eine Weiterentwicklung der „Kontinuierlichen Erhebungen zum Verkehrsverhalten“ (KONTIV) dar, die das Verkehrsministerium in den Jahren 1976, 1982 und 1989 in Westdeutschland durchgeführt hat. Ziel der MiD2008 ist es „repräsentative Daten zum Alltagsverkehr (eines Jahres) der Bevölkerung einschließlich wesentlicher Basisvariablen des Haushalts und der Personen zu erfassen“ (infas und DLR 2010a: 1).<sup>54</sup>

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde bei der MiD2008 ein zweistufiges Erhebungsverfahren eingesetzt. In der ersten Phase wurden Angaben zu Haushaltsmerkmalen wie beispielsweise der Anzahl der Haushaltsmitglieder, den vorhandenen Verkehrsmitteln und dem Haushaltsnettoeinkommen erfasst, wobei diese Angaben von einem Haushaltsmitglied stellvertretend für alle Haushaltsmitglieder gegeben wurden. In der zweiten Phase „wurden alle Haushaltsmitglieder einzeln nach persönlichen Merkmalen, nach ihren Wegen an einem fest vorgegebenen Stichtag und nach ihren Reisen mit Übernachtung in den letzten drei Monaten befragt. Wenn möglich, wurde jede Person selbst befragt“ (infas und DLR 2010b: 3). Die Auswertung umfasst bundesweit insgesamt Angaben von 25.922 Haushalten, 60.713 Personen, 193.290 Wegen, 34.601 Autos und 36.182 Reisen (infas und DLR 2010b: 3). Die Feldzeit der Erhebung erstreckte sich auf den Zeitraum Januar 2008 bis April 2009. Die Haushaltsbefragungen der ersten Phase wurden mittels der drei Instrumente PAPI (paper and pencil interview), CATI (computer assisted telephone interview) und CAWI (computer assisted web interview) durchgeführt. Die Wege- und Personeninterviews der zweiten Phase erfolgten hingegen ausschließlich per Telefon mittels der CATI-Methode.

Die für die eigenen Auswertungen verwendeten Datensätze der MiD2008 wurden auf Anfrage von der Clearingstelle Verkehr am DLR-Institut für Verkehrsforschung bereitgestellt. Das bereitgestellte Public-Use-File (PUF; BMVBS 2010) enthält dabei – anders also bei der EVS – alle Fälle der Erhebung. Entsprechend der fünf Auswertungsebenen der MiD2008 (Haushalte, Personen, Wege, Autos, Reisen) besteht das PUF aus fünf Datensätzen, bei denen jeweils die entsprechende Analyseeinheit einen Fall darstellt

---

<sup>54</sup> Zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit lief die nächste Erhebungsrunde der MiD-Erhebung. Mit ersten Ergebnissen ist aber frühestens im Jahr 2018 zu rechnen.

(Haushaltsdatensatz → 1 Fall = 1 Haushalt, Personendatensatz → 1 Fall = 1 Person, ...) (infas und DLR 2010b: 6).

Für die in Kapitel 9.5.3 berechneten und dargestellten Ergebnisse wurden die verschiedenen Datensätze über die Verwendung der beiden Schlüsselvariablen „Haushalts-ID“ (hhid) und „Personen-ID“ (pid) miteinander kombiniert. In den Bereichskapiteln wird auf die jeweilig verwendete Methodik genauer eingegangen.

Für die Einteilung bezüglich der ökonomischen Leistungsfähigkeit wird, wie auch bei der EVS, das Nettoäquivalenzeinkommen verwendet. Da nicht für alle Personen Einkommensangaben und Angaben zur Anzahl und Alter der Haushaltsmitglieder vorliegen, verringert sich die Anzahl der auswertbaren Personendatensätze von 60.713 auf 51.807. Außerdem wird bei der MiD2008 das Haushaltsnettoeinkommen nicht wie bei der EVS frei und damit auf den Euro genau erfasst, sondern aufgeteilt in 15 Klassen (siehe Tab. 13). Zur Berechnung der Nettoäquivalenzeinkommen wurde für jede Klasse der Mittelwert berechnet und dieser als Wert als Haushaltsnettoeinkommen angenommen. Bei den oberen/unteren Grenzen wurde der jeweils angegebene Wert angesetzt (500 Euro, 7.000 Euro).

**Tab. 13: Haushaltsnettoeinkommensklassen der MiD2008 (€/Monat)**

Haushaltsnettoeinkommensklassen	Angenommenes Haushaltsnettoeinkommen
bis unter 500 Euro	500 Euro
500 Euro bis unter 900 Euro	750 Euro
900 Euro bis unter 1.500 Euro	1.200 Euro
1.500 Euro bis unter 2.000 Euro	1.750 Euro
2.000 Euro bis unter 2.600 Euro	2.300 Euro
2.600 Euro bis unter 3.000 Euro	2.800 Euro
3.000 Euro bis unter 3.600 Euro	3.300 Euro
3.600 Euro bis unter 4.000 Euro	3.800 Euro
4.000 Euro bis unter 4.600 Euro	4.300 Euro
4.600 Euro bis unter 5.000 Euro	4.800 Euro
5.000 Euro bis unter 5.600 Euro	5.300 Euro
5.600 Euro bis unter 6.000 Euro	5.800 Euro
6.000 Euro bis unter 6.600 Euro	6.300 Euro
6.600 Euro bis 7.000 Euro	6.800 Euro
mehr als 7.000 Euro	7.000 Euro

*Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung*

Gewichtet werden die Ergebnisse mit dem im PUF vorgegebenen „Gewichtungsfaktor Personen“ (p\_gew). Anders als Hochrechnungsfaktoren – die zum Beispiel bei der EVS eingesetzt werden – werden Gewichtungsfaktoren auf 1 normiert, betragen also durchschnittlich 1. Während sich somit bei Hochrechnungsfaktoren die tatsächliche Fallzahl auf die Grundgesamtheit der durch die Hochrechnung

repräsentierten Personen erhöht (zum Beispiel bei der EVS2008 von einer tatsächlichen Fallzahl von 100.530 Personen auf eine hochgerechnete Fallzahl von 80,5 Mio. Personen, siehe Tab. 11), bleibt die Fallzahl bei der Verwendung von Gewichtungsfaktoren durch diese unbeeinflusst.<sup>55</sup>

Mithilfe der mittels der modifizierten OECD-Skala gebildeten Äquivalenzfaktoren (siehe Kapitel 6.4) werden aus diesen Werten die Nettoäquivalenzeinkommen berechnet. Die Erfassung der Einkommen in Klassen führt allerdings dazu, dass bei der MiD2008 anstatt von Dezilen (10 Klassen) nur Quintile (5 Klassen) gebildet werden konnten, da die gebildeten Mittelwerte keine größere Differenzierung zulassen. In Tab. 14 sind die Eckwerte der Quintil-Aufteilung der MiD2008 nach dem Nettoäquivalenzeinkommen dargestellt. Durch die Gewichtung mit  $p\_gew$  erhöht sich die gewichtete Fallzahl leicht von 51.807 auf 52.589 Personen (siehe Tab. 14). Eigentlich sollte die Fallzahl gewichtet und ungewichtet insgesamt identisch sein. Die Abweichung erklärt sich dadurch, dass die aufgrund fehlender Angaben zum Haushaltseinkommen oder dem Alter der Haushaltsmitglieder ausgeschlossenen Fälle im Durchschnitt einen Gewichtungsfaktor von weniger als 1 besitzen (0,912), die eingeschlossenen Fälle dagegen folgerichtig einen durchschnittlichen Gewichtungsfaktor größer 1 besitzen (1,015).

Aus den Gewichtungsfaktoren lassen sich mittels der Multiplikation mit einer Konstante Hochrechnungsfaktoren bilden und umgekehrt. Da die Grundgesamtheit der MiD2008 der Zahl der Einwohner Deutschlands zum 31.12.2007 und damit 82,221 Mio. Personen entspricht (infas und DLR 2010a: 34), liegt diese Konstante bei der MiD2008 für die 52.589 Personen (gewichtete Gesamtzahl der Fälle, für die ausreichende Daten zur Berechnung der Nettoäquivalenzeinkommen vorliegen), bei einem Wert von 1.563. Dementsprechend liegt die auf die Quintile hochgerechnete Anzahl der Fälle bei minimal 15,2 Mio. Personen im fünften Quintil und bei maximal 17,5 Mio. Personen im zweiten Quintil (siehe Tab. 14). Die Abweichung von 2,3 Mio. Personen (oder 1.502 gewichteten Fällen) und die im geringeren Umfang auftretenden Abweichungen zwischen den anderen Quintilen zeigen, dass selbst bei der Bildung von Quintilen (und nicht Dezilen) keine absolut gleichmäßige Aufteilung der Personen (Fälle) möglich war. Dies liegt daran, dass einzelne Werte des Nettoäquivalenzeinkommens in zu großer Häufigkeit auftreten. Beim Übergang zwischen dem zweiten und dritten Dezil liegt es beispielsweise daran, dass der obere Grenzwert des Nettoäquivalenzeinkommens des zweiten Quintils von 1.200 Euro relativ häufig auftritt. Gleich gelagerte, aber in geringerem Umfang auftretende Überschneidungen gibt es auch bei den anderen Quintilen. Der dadurch entstehende Fehler kann nicht genau beziffert werden. Da es sich aber „nur“ um einen Fehler am Rand des jeweiligen Quintils handelt, ist jedoch anzunehmen, dass dieser nicht allzu groß ausfällt. Diese Unsicherheit sollte aber bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

---

<sup>55</sup> Bezüglich der genauen Berechnung des Gewichtungsfaktors siehe infas und DLR (2010a: 34).

Tab. 14: Einteilung der Personen in Quintile nach dem Nettoäquivalenzeinkommen in der MiD2008

Quintil	Nettoäquivalenzeinkommen: Oberer Grenzwert	Netto- äquivalenzeinkommen: Mittelwert	Anzahl der Fälle	Anzahl der Fälle	Anzahl der Fälle
	€/P/Monat, gewichtet	€/P/a, gewichtet	ungewichtet	gewichtet	hochgerechnet
1	1.000	10.461	10.434	10.463	16.358.522
2	1.200	13.696	10.531	11.213	17.531.120
3	1.571	16.285	11.046	9.715	15.189.051
4	2.150	18.679	10.633	10.790	16.869.775
5	>2.150	21.127	9.163	10.407	16.270.968
Ø	-	<b>23.861</b>	<b>51.807</b>	<b>52.589</b>	<b>82.221.000</b>

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Beim Vergleich der aus der MiD2008 berechneten Nettoäquivalenzeinkommen mit denen der EVS2008 (siehe Tab. 11) zeigt sich, dass der durchschnittliche Wert der MiD2008 von 23.861 €/P/a um 21% (5.131 Euro) unterhalb des durchschnittlichen Werts der EVS2008 (24.091 Euro) liegt. Dabei steigt der Unterschied von minimal 15% (1.569 Euro) im ersten Quintil auf maximal 26% (11.922 Euro) im fünften Quintil an. Ein Hauptgrund für diese Unterschiede liegt in der unterschiedlichen Berücksichtigung des Eigentümermietwerts von selbstgenutztem Wohneigentum: Während dieser in der EVS durch das Statistische Bundesamt nachträglich hinzuaddiert wird (Statistisches Bundesamt 2016b: 5), geschieht dies in der MiD2008 nicht. Weitere Unsicherheiten ergeben sich bei der MiD2008 zudem durch die ungenauere Erhebung der Haushaltsnettoeinkommen in Klassen und die hier deswegen notwendigerweise getroffenen Annahmen zu den konkreten Werten der Haushaltsnettoeinkommen (siehe Tab. 13).

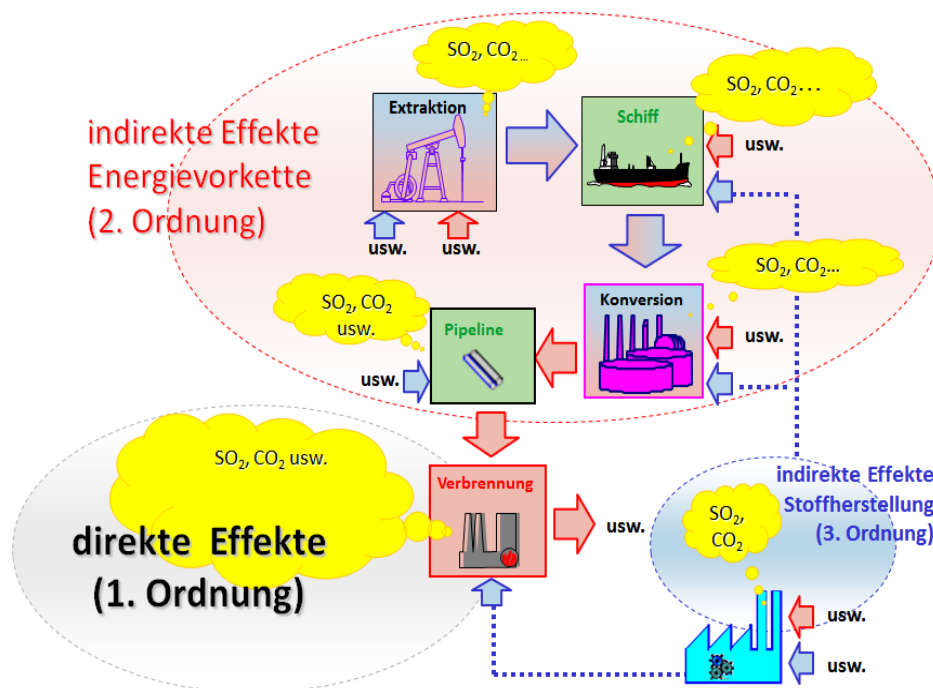
#### 6.3.4 Das Globale Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS)

Als Datenquelle für die Emissionsfaktoren wird das Globale Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) eingesetzt. GEMIS wurde im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft und Technik im Jahr 1989 vom Öko-Institut in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe Umweltsystemanalyse der Gesamthochschule Kassel entwickelt (Fritsche et al. 1989). Im Jahr 2012 ist das Modell und dessen Pflege an das neu gegründete Internationale Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS) übergegangen.

Bei GEMIS handelt sich um ein frei verfügbares Lebensweg- und Stromstoffanalyse-Modell mit integrierter Datenbank für Energie-, Stoff- und Verkehrssysteme. Es besteht zum einen aus einer Prozess-Datenbank, zum anderen aus einem Computerprogramm, mit dessen Bilanzierungsmodell Lebenswege (life-cycles) für alle enthaltenen Prozesse und Szenarien berechnet und somit Lebenszyklusanalysen (LCA, Life Cycle Assessments) durchgeführt werden können. Es können die kompletten Lebenswege „von der Primärenergie- und Rohstoffgewinnung bis zur Nutzung des Energieträgers und zudem

Hilfsenergien und Materialaufwand zur Herstellung von Anlagen und Transportsystemen einbezogen werden sowie die Entsorgung“ (Rausch und Fritsche 2012: 6). Eine schematische Übersicht über das Prinzip der Lebenswege und die Kopplungen von Energie- und Stoffflüssen ist in Schaubild 18 abgebildet. Es werden in GEMIS die direkten Effekte (erste Ordnung, zum Beispiel bei der Verbrennung zur Stromgewinnung), die indirekten Effekte der Energievorkette (2. Ordnung, zum Beispiel Extraktion, Transport, ...) und die indirekten Effekte der Stoffherstellung (3. Ordnung, zum Beispiel Stahl für Kraftwerk und Schiffe) berücksichtigt. Für ein Endprodukt (zum Beispiel Strom) ergibt sich damit ein komplexes Prozess-Netzwerk. Diese werden in GEMIS über Verknüpfungen zu Prozessketten gekoppelt, auf deren Basis schließlich die Umwelteffekte (Emissionen) der gesamten Prozesskette berechnet werden. Bezieht man das jeweilig betrachtete Produkt, zum Beispiel der deutsche Strom-Mix, auf eine Einheit, zum Beispiel eine kWh, erhält man Emissionsfaktoren. Diese lassen sich für verschiedene Schadstoffe berechnen, zum Beispiel beim deutschen Strom-Mix  $\text{CO}_2\text{e/kWh}$ .<sup>56</sup> Bei den in dieser Arbeit verwendeten Emissionsfaktoren muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass – aufgrund nicht vorhandener Prozessdaten – die Entsorgung nicht berücksichtigt ist. Die Systemgrenzen der aus GEMIS entnommenen Emissionsfaktoren beinhalten also den gesamten Lebenszyklus inklusive der Transporte und Materialvorleistungen, jedoch exklusive der Entsorgung.

**Schaubild 18: Übersicht über in GEMIS berücksichtigte Prozesse und Effekte**



Quelle: IINAS 2017

Die Genauigkeit und Aussagekraft der Ergebnisse hängt natürlich maßgeblich von der Qualität der Prozess-Datenbank – also ob die einzelnen Prozesse adäquat erfasst wurden – und der „Richtigkeit“ der

<sup>56</sup> Auf die in dieser Arbeit berücksichtigten Schadstoffe wird in Kapitel 6.5.4 eingegangen.



Prozessketten ab. Für die in dieser Arbeit vorgenommen Berechnungen werden allein vom IINAS reviewte und damit bezüglich der sachlichen Richtigkeit geprüfte Prozessdaten verwendet. Soweit diese angepasst wurden (zum Beispiel im Strombereich, um die Atomenergie auszuschließen), wird dies in den jeweiligen Kapiteln explizit erwähnt und ausgeführt.

Die jeweils aktuellste GEMIS-Version – in dieser Arbeit wurde die zur Bearbeitungszeit aktuellste Version 4.94 verwendet (IINAS 2015) – kann auf der Website des IINAS kostenfrei heruntergeladen werden.<sup>57</sup> Dort ist auch eine ausführliche Dokumentation, unter anderem ein umfangreiches Handbuch (Fritsche und Schmidt 2008), zu finden. Die GEMIS-Prozessdaten können zudem – ohne Installation eines zusätzlichen Programms – über das vom IINAS in Kooperation mit dem Umweltbundesamt erstellte Webtool ProBas (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme) abgerufen werden.<sup>58</sup>

## 6.4 Vorbereitende Schritte

### 6.4.1 Einteilung nach der ökonomischen Leistungsfähigkeit (Schritt 1)

Um die Frage beantworten zu können, ob die Internalisierung externer Effekte sozialverträglich ist, ist es notwendig eine (oder mehrere) Variable festzulegen, die die ökonomische Leistungsfähigkeit eines Haushalts beziehungsweise der Haushaltsmitglieder möglichst exakt wiedergibt. In der vorliegenden Arbeit wird dafür das international gängige Konzept des Nettoäquivalenzeinkommens eingesetzt.<sup>59</sup> Das Nettoäquivalenzeinkommen hat gegenüber dem Haushaltsnettoeinkommen (insgesamt oder pro Kopf) den Vorteil, dass es den ökonomischen Status der Haushalte besser widerspiegelt, da es sowohl die Anzahl der Haushaltsmitglieder als auch deren Alter durch sogenannte Äquivalenzfaktoren berücksichtigt. Diese beruhen auf der Annahme, dass in Mehrpersonen-Haushalten verschiedene Güter beziehungsweise Räume gemeinsam genutzt werden können (beispielsweise die Waschmaschine, der Fernseher oder das Bad). Es werden also positive Skaleneffekte des Konsums berücksichtigt. Außerdem wird angenommen, dass Kinder geringere Bedürfnisse haben als Erwachsene.

Die modifizierte OECD-Skala, die von Hagenaars et al. (1994) entwickelt wurde, stellt derzeit die in Europa gängigste Methode zur Berechnung des Nettoäquivalenzeinkommens dar und wird deswegen auch hier eingesetzt.<sup>60</sup> Dabei wird dem Haushaltsvorstand ein Gewicht von 1,0, jeder weiteren Person ab 14 Jahren ein Gewicht von 0,5 (hier zeigt sich die Berücksichtigung der Skaleneffekte) und jeder

<sup>57</sup> [iinas.org/gemis-download-121.html](http://iinas.org/gemis-download-121.html), letzter Zugriff: 02.08.2017

<sup>58</sup> [www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php](http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php), letzter Zugriff: 02.08.2017

<sup>59</sup> Eine Diskussion dieser Auswahl und die Vorstellung möglicher Alternativen ist in Kapitel 14.1.3.2 zu finden.

<sup>60</sup> Die modifizierte OECD-Skala wird in Deutschland u.a. vom Statistischen Bundesamt (z.B. in Statistisches Bundesamt 2012a) und vom DIW Berlin (zum Beispiel SOEP Group 2015) und auf europäischer Ebene von Eurostat (zum Beispiel in Eurostat 2014) eingesetzt.

weiteren Person unter 14 Jahren ein Gewicht von 0,3 (hier zeigt sich die Berücksichtigung des Alters) zugeordnet.<sup>61</sup>

$$\ddot{A}F_{HH} = 1,0 * P_1 + \sum \left\{ \begin{array}{l} \text{jedes weitere Haushaltsmitglied } P_{2,...,n} \text{ (Alter } \geq 14 \text{): } 0,5 \\ \text{jedes weitere Haushaltsmitglied } P_{2,...,n} \text{ (Alter } < 14 \text{): } 0,3 \end{array} \right.$$

$\ddot{A}F$  =: Äquivalenzfaktor

$HH$  =: Haushalt

$P_{1,...,n}$  =: Haushaltsmitglieder

Mittels des so für jeden Haushalt gebildeten Äquivalenzfaktors werden die Nettoäquivalenzeinkommen berechnet, indem man das Nettohaushaltseinkommen durch den Äquivalenzfaktor teilt. Durch diesen Schritt ändert sich die Analyseebene von der des Haushalts auf die des einzelnen Haushaltsmitglieds.

$$N\ddot{A}QUIEK = \frac{NHHEK}{\ddot{A}F_{HH}}$$

$N\ddot{A}QUIEK$  =: Nettoäquivalenzeinkommen

$NHHEK$  =: Nettohaushaltseinkommen

Zur Darstellung der Ergebnisse werden die Haushaltsmitglieder entsprechend ihres berechneten Nettoäquivalenzeinkommen in Dezile ( $i_{1,2,...,10,\emptyset}$ ) eingeteilt, also die 10% der Personen mit den niedrigsten Nettoäquivalenzeinkommen in eine Klasse zusammengefasst (1.Dezil), dann die nächsten 10% (2.Dezil), bis zu den 10% mit dem höchsten Nettoäquivalenzeinkommen (10.Dezil). Für diese Dezile werden jeweils die arithmetischen Mittelwerte berechnet. Neben den Dezilwerten werden die Ergebnisse ebenfalls für den Gesamtdurchschnitt berechnet und dargestellt.

<sup>61</sup> Nehmen wir als Beispiel einen Vier-Personen-Haushalt mit einem Haushaltsnettoeinkommen von 2.000 Euro und nehmen zusätzlich an, dass diese 43, 40, 16 und 13 Jahre alt sind, dann beträgt das Nettoäquivalenzeinkommen jedes Mitglieds dieses Haushalts 870 Euro ( $=2000/(1+0,5+0,5+0,3)$ ). Bei einer reinen Pro-Kopf-Betrachtung wäre hingegen jedem Haushaltsmitglied ein Nettoeinkommen von 500 Euro ( $=2000/4$ ) zugeordnet worden.

$$i_{1,2,\dots,10,\emptyset} = \begin{cases} 1. \text{Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 0\% - 10\% \\ 2. \text{Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 10\% - 20\% \\ 3. \text{Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 20\% - 30\% \\ 4. \text{Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 30\% - 40\% \\ 5. \text{Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 40\% - 50\% \\ 6. \text{Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 50\% - 60\% \\ 7. \text{Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 60\% - 70\% \\ 8. \text{Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 70\% - 80\% \\ 9. \text{Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 80\% - 90\% \\ 10 \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 90\% - 100\% \\ \emptyset: \text{alle Personen} \end{cases}$$

$i_{1,2,\dots,10,\emptyset}$  =: Nettoäquivalenzeinkommensdezile 1 bis 10 und Durchschnitt

Auf die Darstellung der Methodik hat die Einteilung nach dem Nettoäquivalenzeinkommen in Dezile zunächst einmal keine Auswirkung, da sich diese – soweit sie Personen betrifft – auf der Ebene der Haushalte beziehungsweise Personen bewegt. Diese Einteilung wird erst bei der Darstellung der Ergebnisse und den daraus gezogenen Schlussfolgerungen relevant.

#### 6.4.2 Festlegung des Untersuchungsbereichs (Schritt 2)

Der Untersuchungsbereich ist zuallerst dadurch gekennzeichnet, dass der Konsum der privaten Haushalte in Deutschland betrachtet wird und nicht die Produktion. Dieser konsumorientierte Ansatz wurde gewählt, um sich dem Vorwurf der Gefährdung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit zu entziehen. Denn bei einer konsumorientierten Internalisierung werden die Produkte unabhängig von deren Produktionsherkunft verteuert (siehe Kapitel 3.3.2.2).

Außerdem ist der Untersuchungsbereich auf die Energieverbräuche der privaten Haushalte in den Konsumbereichen Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität beschränkt. Dadurch werden sämtliche direkten Endenergieverbräuche der privaten Haushalte sowie im Mobilitätsbereich der durch die Nutzung des öffentlichen Personenverkehrs (ÖPV) verursachte Endenergieverbrauch berücksichtigt. Dargestellt ist der Untersuchungsbereich dieser Arbeit in Tab. 15 zum einen auf der Ebene der Konsumbereiche, zum anderen auch auf der Ebene der einzelnen dazugehörigen Energieträger beziehungsweise Verkehrsmittel. Bei den Emissionsberechnungen – und deswegen auch bei den daran anschließenden Berechnungen zu den externen Kosten – werden aber die Emissionen über den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt, also sowohl die direkt bei der Verbrennung auftretenden Emissionen als auch die indirekten, die zum Beispiel beim Bau, der Förderung und dem Transport (siehe Kapitel 5.2.3) entstehen.<sup>62</sup>

<sup>62</sup> Bei Wärme, Strom und Flugzeug aufgrund fehlender Prozess-Daten jedoch exklusive der Entsorgung, siehe jeweilige Bereichskapitel.

Tab. 15: Darstellung des Untersuchungsbereichs

Konsumbereiche	Energieträger/Verkehrsmittel
Haushaltsstrom	Haushaltsstrom
Wärme	Gas
	Heizöl
	Feste Brennstoffe
	Fernheizung
	Heizstrom
	Sonstige
Mobilität	MIV Benzin
	MIV Diesel
	Flugzeug
	Reisebus
	Linienbus, Stadtbuss
	S-Bahn, Nahverkehrszug
	U-Bahn, Straßenbahn
	Fernzug/Bahn

Quelle: eigene Darstellung

Andere Konsumgüter (zum Beispiel Ernährung, Bekleidung, Elektrogeräte, Gebäude) konnten hingegen in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden. Der Ausschluss dieser Konsumgüter rührt daher, dass zu diesen Konsumbereichen keine ausreichenden Daten für eine einkommensspezifische Analyse vorlagen. Zwar könnten beispielsweise aus der EVS Daten zum Ausstattungsbestand mit Elektrogeräten gezogen werden, allerdings fehlen Angaben zu deren Qualität, also beispielsweise bei einem Fernseher zur Bildschirmdiagonale. Ohne solche qualitativen Daten vergrößert sich die ohnehin mit Unsicherheiten behaftete Berechnung der Umweltwirkungen mittels LCA-Emissionsfaktoren noch einmal erheblich. Hinzu kommt, dass für viele Konsumgüter gar keine oder nur wenig belastbare LCA-Emissionsfaktoren vorliegen.

Eine andere Möglichkeit zur Berechnung von Emissionsfaktoren, die anders als die LCA diese nicht Bottom-up sondern Top-Down sozusagen als Nebenprodukt berechnet, stellt die Environmentally Extended-Input-Output-Analyse (EE-IOA) dar. Bei diesem Top-Down-Ansatz werden die von den Statistischen Ämtern berechneten Input-Output-Tabellen um Umweltaspekte ergänzt. Die Methode der IOA wurde um 1930 von Wassily Leontief entwickelt. Auch bei der Erweiterung um Umweltaspekte spielte er eine entscheidende Rolle (vgl. Leontief 1970). Da in den Input-Output-Tabellen die Verknüpfungen zwischen den einzelnen Industriesektoren und dem Endverbrauch (auf monetärer Ebene) nachvollziehbar sind, lassen sich die Umweltbelastungen entsprechend zuordnen. Die Vorteile dieser Methode bestehen in einer relativ guten Datenverfügbarkeit und einer unaufwendigen Berechnung. Durch sie erhält man einen guten Überblick über die grundlegende Struktur der durch den Konsum verursachten

Umweltbelastungen. Allerdings ist die Auflösung der bestehenden Input-Output-Tabellen begrenzt. In Deutschland liegt diese für die aktuellste symmetrische Input-Output-Tabelle 2008 bei 73 Produktionsbereichen und 73 Gütergruppen (Statistisches Bundesamt 2012c).<sup>63</sup> Somit lassen sich durch diese Methode keine Ergebnisse auf Produktebene, sondern höchstens auf Produktgruppenebene berechnen. Vringer et al. folgern deswegen:

*“This limits the practicability of the IO method for assessment of environmental impact of consumption patterns, because such an assessment would require detection of differences between specific products.”*  
(Vringer et al. 2010: 2511)

Aufgrund dieser mangelnden Praktikabilität der EE-IOA bezüglich des Vergleichs unterschiedlicher Konsumstrukturen, wurde sich in dieser Arbeit gegen die Verwendung derselben entschieden. Denn in dieser Arbeit geht es genau darum, die Konsumstrukturen und daraus resultierenden Umweltwirkungen zwischen ärmeren und reicheren Haushalten zu unterscheiden. So stellt die Einteilung in zehn Nettoäquivalenzeinkommensdezile letztlich nichts anderes dar, als die Unterscheidung in zehn unterschiedliche Konsumstrukturen.

Die Auswirkungen auf die Aussagekraft der vorliegenden Arbeit, die durch die Einschränkung des Untersuchungsbereichs entstehen, werden ausführlich in Kapitel 14.1.3.3 diskutiert.

#### UNTERSUCHUNGSBEREICH

Der Untersuchungsbereich der vorliegenden Arbeit nimmt eine konsumorientierte Perspektive ein und beinhaltet die Energieträger beziehungsweise Verkehrsmittel der Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität.

$en_{1,...,a}$  =: Energieträger/Verkehrsmittel der Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität<sup>64</sup>

## 6.5 Bereichsspezifische Berechnungen bis zur Internalisierungslücke

### 6.5.1 Auswertung der Ausgaben (Schritt 3)

Zur Auswertung der Ausgaben werden die in Kapitel 6.3.2 vorgestellten SUF der EVS2008 und EVS2013 herangezogen. Es werden sowohl Werte für das Jahr 2008 als auch für das Jahr 2013 berechnet. Die Auswertungen erfolgen dabei aufgeteilt in Nettoäquivalenzeinkommensdezile und den Durchschnitt

<sup>63</sup> Eine wichtige Entwicklung stellt in diesem Bereich das von der Europäischen Kommission geförderte Projekt EXIOPOL (JRC-IPTS et al. 2011) dar, in dessen Rahmen umfangreiche Multi-Regionale-Input-Output-Tabellen (MR-IOT) und daraus europaweite externe Kosten berechnet wurden.

<sup>64</sup> Im Folgenden wird bei der Darstellung der Methodik vereinfachend nur noch von „Energieträgern“ gesprochen, dass schließt jedoch auch die Verkehrsmittel mit ein. Zudem wird der Begriff Konsumbereiche oft nur noch verkürzt als Bereiche bezeichnet.

(siehe Kapitel 6.4) und beinhalten alle im Untersuchungsbereich festgelegten Energieträger und Verkehrsmittel (siehe Kapitel 6.4.2).

$$\begin{aligned}
 {}^tA_i^{en} &=: \text{Ausgaben, aufgeteilt in:} \\
 i_{1,2,\dots,10,\emptyset} &=: \text{Nettoäquivalenzeinkommensdezile 1 bis 10 und Durchschnitt} \\
 en_{1,\dots,a} &=: \text{Energieträger/Verkehrsmittel der Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität} \\
 t_{2008,2013} &= \text{Jahre 2008 und 2013}
 \end{aligned}$$

Um zum einen möglichst differenzierte und zum anderen für die Jahre 2008 und 2013 vergleichbare Ausgabenklassen zu erhalten, müssen die Klassifikationen der EVS2008 und EVS2013 teilweise angepasst werden. Die jeweils vorgenommenen Schritte werden ausführlich in den bereichsspezifischen Kapiteln erläutert (siehe Kapitel 7.3.1, 8.3 und 9.3.1).

### 6.5.2 Aufstellung der Preis-Ausgaben-Funktionen (Schritt 4)

In der als Ausgangspunkt dieser Arbeit bezeichnenbaren Datenquelle, der EVS (siehe Kapitel 6.3.2), liegen die verwendeten Daten in Form von Ausgaben vor. Um von diesen Ausgaben zu den letztlich für die Berechnung der Emissionen benötigten Endenergieverbräuchen zu gelangen, müssen die in der EVS vorliegenden haushaltsspezifischen Ausgabenwerte durch den für das jeweilige Gut vom jeweiligen Haushalt gezahlten Preis geteilt werden. Da bezüglich der tatsächlich von den Haushalten gezahlten Preise keine Daten in der EVS vorliegen, müssen diese auf andere Art gewonnen beziehungsweise geschätzt werden. Dafür wurden Preis-Ausgaben-Funktionen aufgestellt, die je nach Produktart von unterschiedlich vielen Einflussfaktoren abhängen. Eine Übersicht über mögliche Preiseinflussfaktoren bietet Tab. 16.

Tab. 16: Mögliche Einflussfaktoren von Preisen

Variable	Beschreibung
<b>Zeitpunkt</b>	Preise können innerhalb eines Jahres Schwankungen unterworfen sein, die je nach Gut unterschiedlich stark ausfallen (zum Beispiel hohe Schwankungen bei Benzin).
<b>Abnahmemenge/ Ausgabenhöhe</b>	Mengenrabatte können zu niedrigeren Durchschnittspreisen mit steigender Abnahmemenge führen. Selbiges gilt für Tarife, die aus einem Grund- und einem Arbeitspreis bestehen (zum Beispiel Stromtarife).
<b>Ort</b>	Preise können lokal unterschiedlich sein (zum Beispiel Miete).
<b>Qualität</b>	Die Qualität (damit sind zum Beispiel auch Markenwerte gemeint) hat Einfluss auf den Preis. Grob unterscheiden lassen sich für den hiesigen Zweck zwei Produkttypen: a) Produkte mit einem (annähernd) uniformen Preis pro Einheit (zum Beispiel Strom) b) Produkte mit einem variablen Preis pro Einheit (zum Beispiel PKW)
<b>Verkaufsstelle</b>	Je nach Art der Verkaufsstelle (Fachhändler, Online, Discounter,...) können Preise ebenfalls unterschiedlich hoch sein.
<b>Sonderangebote</b>	Sonderangebote führen zu einem niedrigeren Durchschnittspreis, sind aber schwer zu erfassen beziehungsweise einzurechnen, da neben dem Sonderangebotspreis ebenfalls bekannt sein muss, ob die jeweiligen Verbraucher zu diesem Preis eingekauft haben.

Quelle: eigene Darstellung

In dieser Arbeit konnten aufgrund von Datenbeschränkungen allein die Preiseinflussfaktoren „Zeitpunkt“ und „Abnahmemenge/Ausgabenhöhe“ einbezogen werden, und dies je nach Energieträger auch nur bis zu einem gewissen Grad. So liegt die maximale zeitliche Differenzierungstiefe bei den EVS-Daten beispielsweise auf der Ebene eines Quartals; genauere Angaben zum Zeitpunkt der Ausgaben sind nicht enthalten. Je nach Energieträger wiegen diese Einschränkungen unterschiedlich stark. Darauf wird in den bereichsspezifischen Kapiteln (Kapitel 7.4, 8.4, 9.4) genauer eingegangen.

Zudem liegen die Preisdaten nicht über die gesamte Abnahmemenge/Ausgabenhöhe stetig vor, sondern nur für einzelne Punkte beziehungsweise Intervalle. Zur Berechnung der zwischen den vorliegenden Datenpunkten liegenden Werte wird ein linearer Zusammenhang angenommen. Es wird folgende lineare Preis-Ausgaben-Funktion eingesetzt.

$$p(A) = m \cdot A + b$$

$m$  =: Steigung

$A$  =: Ausgaben

$b$  =: Konstante

Mittels dieser Preis-Ausgaben-Funktionen ist jedem Ausgabenbetrag  $A$  ein Preis  $p$  zugeordnet, der zum einen von der Ausgabenhöhe und zum anderen davon abhängt, wann die Ausgaben getätigt wurden. Eine schrittweise und damit leicht nachvollziehbare Erstellung der Preis-Ausgaben-Funktionen ist in Kapitel 7.4 im Rahmen der Haushaltsstromberechnungen zu finden.

### 6.5.3 Berechnung der Verbräuche (Schritt 5)

Mittels der je nach Energieträger unterschiedlich stark nach Abnahmemenge und Zeitpunkt differenzierten Preis-Ausgaben-Funktion werden die Verbräuche berechnet, in dem die über Auswertungen der SUF der EVS2008 und EVS2013 ermittelten Ausgaben durch die erstellten Preis-Ausgaben-Funktionen geteilt werden.

$$Q = \frac{A}{p(A)}$$

$Q$  =: Verbrauch

$A$  =: Ausgaben

$p(A)$  =: Preis-Ausgaben-Funktion

Da die Ausgabenwerte in der EVS pro Quartal und pro Haushalt vorliegen, werden die Verbrauchswerte mit 4 multipliziert und durch die Anzahl der Haushaltsmitglieder (EF7) geteilt, um so zu Angaben pro Person und pro Jahr zu gelangen. Die Berechnungen werden für jeden Energieträger einzeln durchgeführt und lassen sich in der gemeinsamen Einheit (kWh/P/Jahr) aufaddieren.

$$Q_P^t = \frac{Q_{HH}^q * 4}{EF7}$$

$EF7$  =: Anzahl der Haushaltsmitglieder

$P$  =: Person

$t$  =: Jahr

$q$  =: Quartal

Im Mobilitätsbereich wird, weil die Ausgabendifferenzierungstiefe der EVS nicht ausreicht, zur Ermittlung der Verbrauchswerte die Erhebung MiD2008 herangezogen. Darauf wird in Kapitel 9.5 näher eingegangen.

### 6.5.4 Berechnung der Emissionen (Schritt 6)

Um von den im Schritt zuvor berechneten Verbräuchen zu den durch diese ausgelösten Emissionen zu gelangen, werden Emissionsfaktoren benötigt. Diese werden mit den bereits berechneten jährlichen Pro-Kopf-Verbräuchen der jeweiligen Energieträger multipliziert. Die Berechnungen werden für jeden Schadstoff und Energieträger einzeln durchgeführt und lassen sich auf der Ebene der einzelnen Schadstoffe aufaddieren.

$$E_j = Q * e_j$$

$E$  =: Emissionen

$e$  =: Emissionsfaktor

$j_{1,...,n}$  =: Schadstoffe

Als Datenquelle für die Emissionsfaktoren wird die GEMIS-Datenbank verwendet, welche ausführlich in Kapitel 6.3.4 vorgestellt wird. In dieser enthalten sind Emissionsfaktoren, die mittels der Methodik



der Lebenszyklusanalyse (LCA, Life Cycle Assessment) gebildet wurden. Die Systemgrenzen der aus GEMIS entnommenen Emissionsfaktoren beinhalten den gesamten Lebenszyklus inklusive Transporte und Materialvorleistungen; die Entsorgung wird allerdings nicht berücksichtigt.

Von entscheidender Bedeutung für die Berechnung der externen Kosten ist, welche Umweltwirkungen beziehungsweise Schadstoffe in die Analyse einbezogen werden. Diesbezüglich wurde der pragmatische Ansatz gewählt, diejenigen Umweltwirkungen einzubeziehen, für die als für Deutschland belastbar einzustufende Kostensätze vorliegen (siehe Kapitel 6.5.5) und die in GEMIS (siehe Kapitel 6.3.4) enthalten sind. Aus diesen Beschränkungen ergibt sich, dass in der vorliegenden Analyse allein die Emissionen von Treibhausgasen und bestimmten Luftschadstoffen einbezogen werden. Tab. 17 bietet einen Überblick, welche Schadstoffe dies genau beinhaltet.<sup>65</sup>

**Tab. 17: Einbezogene Schadstoffe und CO<sub>2</sub>-Äquivalenzfaktoren**

Luftschadstoffe	
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	
Feinstaub (PM <sub>10</sub> )	
Flüchtige Organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)	
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	
Treibhausgase	
Emission	CO <sub>2</sub> -Äquivalenzfaktor (IPCC 2014, GWP-100)
Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> )	1
Methan (CH <sub>4</sub> )	30
Distickstoffmonoxid (N <sub>2</sub> O)	265
Perfluormethan (CF <sub>4</sub> )	6.630
Perfluoraethan (C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )	11.100

*Quelle: IINAS 2015; eigene Darstellung*

Das „Treibhausgaspotenzial“ (THP) wird in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>e) wiedergegeben. Zur Berechnung werden die von GEMIS vergebenen Äquivalenzfaktoren eingesetzt. Diese beruhen wiederum auf den vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2014: 731-737) veröffentlichten Treibhausgas-Äquivalenzfaktoren des Szenarios GWP-100. GWP-100 bedeutet dabei, dass das Treibhausgaspotenzial (Global Warming Potential) über einen Zeitraum von 100 Jahren betrachtet wird.

<sup>65</sup> Im Mobilitätsbereich werden neben den Luftschadstoffen und THG auch noch externe Kosten durch Lärm und Unfälle miteinbezogen. Darauf wird im Bereichskapitel 9.7.1 ausführlich eingegangen.

### 6.5.5 Berechnung der externen Kosten (Schritt 7)

Zur Berechnung der externen Kosten der einzelnen Schadstoffe ( $ext_j$ ) werden die zuvor berechneten Emissionen jeweils mit einem schadstoffspezifischen Kostensatz ( $k_j$ ) multipliziert, der die externen Kosten pro emittierter Einheit widerspiegelt.

$$ext_j = E_j * k_j$$

$ext$  =: Externe Kosten des Schadstoffes

$k$  =: Kostensatz des betrachteten Schadstoffes

Um die gesamten hier betrachteten externen Kosten pro Jahr und pro Person ( $EXT$ ) zu erhalten, werden die externen Kosten der einzelnen Emissionen aufsummiert.

$$EXT = \sum_{j=1}^n ext_j$$

$EXT$  =: aggregierte Externe Kosten

$j_{1,...,n}$  =: einbezogene Schadstoffe

Bei der Bestimmung der Kostensätze wird auf die sogenannten Best-Practice-Kostensätze der Methodenkonvention 2.0 des Umweltministeriums (UBA) zurückgegriffen (Schwermer et al. 2014). Dort wird für Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) – und die über ihre Klimawirkung in CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e) umgerechneten anderen Treibhausgase – ein Best-Practice-Kostensatz von 80 €/t CO<sub>2</sub>e (in Preisen von 2010) vorgeschlagen (Schwermer et al. 2014: 5). Der Best-Practice-Kostensatz beruht dabei auf Schätzungen sowohl zu den Schadens- als auch zu den Vermeidungskosten. Dabei können die Vermeidungskosten – also im konkreten Beispiel die Kosten, die durch die notwendigen Maßnahmen zur Einsparung einer Tonne CO<sub>2</sub> entstehen – deutlich von den Schadenskosten – also der durch die Emission einer Tonne CO<sub>2</sub> verursachten Kosten – abweichen. Wie in Kapitel 4.5 dargestellt, ergibt sich der optimale Steuersatz der Internalisierung ( $t^*$ ) im Schnittpunkt der Grenzvermeidungskosten und der Grenzschadenskosten; also dann, wenn diese gleich hoch sind. Aufgrund der großen Spannweite und Unsicherheit sowohl bezüglich der Vermeidungs- (vgl. Kuik et al. 2009) als auch der Schadenskosten (vgl. Anthoff 2007) können solche Differenzierungen hier jedoch nicht durchgeführt werden. Stattdessen empfiehlt das UBA, als zentralen Kostensatz die bereits genannten 80 €/t CO<sub>2</sub>e zu verwenden, zudem aber auch Szenarienrechnungen im Bereich 40 Euro bis 120 Euro durchzuführen (Schwermer et al. 2014: 5). Dieser Empfehlung wird in dieser Arbeit in Kapitel 12.2 nachgekommen.

Auch für die Kostensätze der weiteren berücksichtigten Luftschadstoffe wird die Methodenkonvention 2.0 des UBA als Quelle herangezogen. Verwendet werden die in der Methodenkonvention empfohlenen durchschnittlichen Umweltkosten für Luftschadstoffe durch Energieerzeugung und Mobilität in

Deutschland (Schwermer et al. 2014: Tabellen B4/ B7). Auch hier muss in Ermangelung genauerer Daten von konstanten Grenzschadenskosten ausgegangen werden, die Kostensätze pro emittierter Tonne sind also konstant.

Die in der Methodenkonvention 2.0 empfohlenen Kostensätze der Energieerzeugung beruhen auf Daten des 2009 abgeschlossenen EU-Projekts NEEDS (New Energy Externalities for Sustainability; Preiss et al. 2008). Zur Berechnung der externen Kosten und Kostensätze von Feinstaub mit einem Durchmesser von weniger als  $0,1\ \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) wird in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Methodenkonvention die Annahme getroffen, dass dieser zu 70% aus Feinstaub mit einem Durchmesser von weniger als  $0,025\ \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) und zu 30% aus Feinstaub mit einem Durchmesser von  $0,025$  bis  $0,1\ \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{\text{coarse}}$ ) besteht (Schwermer et al. 2014: 10). Eine Aufteilung der Luftschadstoffkostensätze bezüglich der Art der entstehenden Kosten ist in Tab. 18 aufgeführt. Wie dort zu sehen ist, dominieren die Gesundheitsschäden die Kosten der Luftschadstoffe: Beim Feinstaub sind diese für die gesamten Umweltkosten verantwortlich. Prozentual am geringsten ist deren Anteil beim Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) mit 68% (18.200 €/t). Hier sind Biodiversitätsverluste mit 32% (8.700 €/t) ebenfalls für einen nennenswerten Teil der Umweltkosten verantwortlich.

**Tab. 18: Durchschnittliche Umweltkosten der Luftverschmutzung durch Energieerzeugung in Deutschland (in Preisen von 2010, €/t)**

Schadstoff	Gesundheits-schäden	Biodiversitäts-verluste	Ernteschäden	Material-schäden	Gesamt
$\text{PM}_{2.5}$	55.400	0	0	0	55.400
$\text{PM}_{\text{coarse}}$	2.900	0	0	0	2.900
$\text{PM}_{10}^*$	39.700	0	0	0	39.700
$\text{NO}_x$	12.600	2.200	500	100	15.400
$\text{SO}_2$	11.900	800	-100	500	13.200
NMVOC	1.600	-300	300	0	1.600
$\text{NH}_3$	18.200	8.700	-100	0	26.800

*Annahme:  $\text{PM}_{10} = 70\% \text{PM}_{2.5} + 30\% \text{PM}_{\text{coarse}}$ , entsprechend Methodenkonvention 2.0 (Schwermer et al. 2014: 10)*

*Quelle: Schwermer et al. 2014: Tabelle B4; nach Preiss et al. 2008; eigene Darstellung*

Die Kostensätze im Mobilitätsbereich weichen in einigen Fällen von denen der Energieerzeugung ab. So wurde für THG-Emissionen aus dem Flugverkehr – da THG-Emissionen in großer Höhe ein höheres Schadenspotenzial entwickeln – entsprechend der Vorgaben der Methodenkonvention 2.0 ein Emissionsgewichtungsfaktor (EGF) von 2 eingesetzt, der normale Kostensatz von  $\text{CO}_2$  also mit 2 multipliziert (Schwermer et al. 2014: 5). Die größten Unterschiede liegen beim Feinstaub vor. Hier wird im Straßenverkehr zwischen  $\text{PM}_{2.5}$  und  $\text{PM}_{10}$  Emissionen aus den Quellen Auspuff und Abrieb unterschieden. Die Kostensätze für Feinstaub beruhen dabei auf den Studien von Torras Ortiz (2012) und Friedrich et al. (2011).

Aufgrund der relativ großen Unsicherheiten bei den Kostensatzberechnungen werden für den betrachteten Zeitraum zeitlich konstante Kostensätze angenommen. Um die externen Kosten mit den Ausgaben der EVS vergleichbar zu machen, werden die Kostensätze, die in der Methodenkonvention 2.0 auf das Jahr 2010 preisnormiert sind, mittels des Verbraucherpreisindex (VPI) auf das Preisniveau des jeweiligen Jahres angepasst (Statistisches Bundesamt 2017b). Daraus entstehen die in Tab. 19 dargestellten emissionspezifischen Kostensätze.

**Tab. 19: Durchschnittliche Kostensätze der Luftverschmutzung durch Energieerzeugung und Mobilität in Deutschland (jeweilige Preisen, €/t)**

Schadstoff	2005	2008	2010	2011	2012	2013
<b>Strom, Wärme, Mobilität</b>						
CO <sub>2e</sub>	74	79	80	82	83	85
NO <sub>x</sub>	14.245	15.184	15.400	15.723	16.031	16.278
SO <sub>2</sub>	12.210	13.015	13.200	13.477	13.741	13.952
NH <sub>3</sub>	24.790	26.425	26.800	27.363	27.899	28.328
NM VOC	1.480	1.578	1.600	1.634	1.666	1.691
<b>Strom, Wärme</b>						
PM <sub>2.5</sub>	51.245	54.624	55.400	56.563	57.671	58.558
PM <sub>coarse</sub>	2.683	2.859	2.900	2.961	3.019	3.065
PM <sub>10</sub> *	36.723	39.144	39.700	40.534	41.328	41.963
<b>Mobilität</b>						
CO <sub>2e</sub> (Flug)	148	158	160	163	167	169
Abrieb, innerorts: PM <sub>10</sub> **	31.173	33.228	33.700	34.408	35.082	35.621
Abrieb, außerorts: PM <sub>10</sub> **	10.175	10.846	11.000	11.231	11.451	11.627
Auspuff, innerorts: PM <sub>2.5</sub>	336.793	359.003	364.100	371.746	379.028	384.854
Auspuff, außerorts: PM <sub>2.5</sub>	113.590	121.081	122.800	125.379	127.835	129.800

Annahme:  $PM_{10} = 70\% PM_{2.5} + 30\% PM_{coarse}$ , entsprechend Methodenkonvention 2.0 (Schwermer et al. 2014: 10)

\*\* :  $PM_{10}$ -Emissionen durch Abrieb und Aufwirbelung setzen sich aus 10%  $PM_{2.5}$  und 90%  $PM_{coarse}$  zusammen.

Als Bewertungsgrundlage für  $PM_{2.5}$  wird hierbei der Kostensatz für Emissionen aus dem Auspuff ohne den Toxizitätsfaktor von 1,5 für Emissionen aus Verbrennungsmotoren verwendet, entsprechend der Methodenkonvention 2.0 (Schwermer et al. 2014: 12)

Quelle: Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

Zur besseren Vergleichbarkeit und um in den nachfolgenden Schritten die Internalisierungslücke berechnen zu können, werden aggregierte Kostensätze pro verbrauchter Einheit (K) berechnet, in denen die externen Kosten aller berücksichtigten Schadstoffe enthalten sind. Diese aggregierten Kostensätze pro verbrauchter Einheit ergeben sich ebenfalls, wenn man die aggregierten externen Kosten eines Energieträgers durch dessen Verbrauch teilt. Die Kostensätze pro verbrauchter Einheit liegen in der Einheit Cent pro Kilowattstunde (Ct/kWh) vor und werden energieträgerspezifisch berechnet.

$$K = \sum_{j=1}^n e_j * k_j$$

$$K = \frac{EXT}{Q}$$

*K =: Kostensatz pro verbrauchter Einheit*

## 6.5.6 Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung (Schritt 8)

### 6.5.6.1 Vorbemerkungen

In diesem Schritt wird bestimmt, in welchem Umfang die externen Kosten in Deutschland bereits internalisiert sind. Die Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung teilt sich dabei in zwei Unterschritte auf. Erstens die Berechnung der bereits bestehenden Internalisierung und zweitens die Berechnung der gezahlten Subventionen. Alle Berechnungen werden dabei pro verbrauchter Einheit durchgeführt.

Bei der Bestimmung der bestehenden Nettointernalisierung wird der sogenannte „Transfer-Ansatz“ eingesetzt; das heißt, es wird ein Inventar aller in Deutschland vorliegenden Internalisierungsmaßnahmen und Subventionen erstellt, die den festgelegten Anforderungen entsprechen (vgl. Günsberg et al. 2015: 11).<sup>66</sup> Auf eine ganz grundsätzliche Annahme sei aufgrund ihrer Wichtigkeit jedoch gleich zu Beginn hingewiesen: Hier werden allein die in Deutschland vorliegenden Internalisierungsmaßnahmen und Subventionszahlungen berücksichtigt. Theoretisch wäre natürlich eine Einbeziehung der Internalisierungsmaßnahmen und Subventionen im Ausland notwendig, soweit sie die in Deutschland verbrauchten Produkte betreffen. Dies war hier aber wegen des großen Umfangs eines solchen Unterfangens in dieser Arbeit nicht möglich.

### 6.5.6.2 Berechnung der bestehenden Internalisierung

Berücksichtigt werden bei den bestehenden Internalisierungsmaßnahmen alle staatlichen Instrumente, die für eine Verteuerung des jeweiligen Produktes sorgen und nicht einem spezifischen, dem jeweiligen Produkt zugutekommenden Zweck zuzuordnen sind. Eine Ausnahme bildet die Umsatzsteuer. Bei dieser wird der in §12 des Umsatzsteuergesetzes festgelegte Regelsatz von 19% (Deutscher Bundestag 29.07.2017b) als internalisierungs- und subventionsneutral gesetzt und Abweichungen von diesem Regelsatz nach oben als Internalisierungsmaßnahme und Abweichungen nach unten als Subvention eingestuft. Begründet ist dies mit der Faktorneutralität der Umsatzsteuer, dass diese also alle

<sup>66</sup> Die andere grundsätzliche Methode zur Quantifizierung stellt der Price-Gap-Ansatz dar. Bei diesem wird die Differenz des Konsumentenpreises von einem Referenzpreis berechnet. Der Referenzpreis soll die tatsächlichen Vollkosten der Versorgung widerspiegeln. Liegt nun der Konsumentenpreis unter dem Referenzpreis, so liegt eine Subvention vor (vgl. Günsberg et al. 2015: 11).

Produktpreise und alle Konsumenten – soweit der Standardsteuersatz erhoben wird – in gleicher Weise trifft, insofern also keine besondere Belastung eines spezifischen Produktes darstellt.

Berechnet wird die bestehende Internalisierung pro verbrauchter Einheit ( $BI$ ), in dem die einzelnen bestehenden Internalisierungsinstrumente ( $bi_k$ ) aufaddiert werden. Damit die einzelnen Instrumente jeweils auf eine verbrauchte Einheit des betrachteten Produktes bezogen werden konnten, mussten verschiedene Berechnungsschritte vorgenommen werden. Diese werden in den einzelnen Bereichskapiteln erläutert. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt.

$$BI = \sum_{k=1}^m bi_k$$

$BI$  =: aggregierte bestehende Internalisierung pro Einheit  
 $bi_{1,...,m}$  =: bestehendes Internalisierungsinstrumente pro Einheit

### 6.5.6.3 Berechnung der bestehenden Subventionen

Subventionen stellen eine Form der Wettbewerbsverzerrung dar und führen aus Sicht der Wohlfahrtsökonomik zu ineffizienten Marktergebnissen.<sup>67</sup> Sie sorgen für eine künstliche Verbilligung des jeweilig betroffenen Produktes und gehen deswegen negativ in die Internalisierungsbetrachtungen mit ein. Dabei gibt es bislang keine einheitliche, allgemein anerkannte Definition des Begriffs „Subvention“ (vgl. OECD 2005: 16; Köder et al. 2014: 8). Die OECD definiert eine Subvention in einem sehr allgemeinen Sinne folgendermaßen:

*„In general, a subsidy is a result of a government action that confers an advantage on consumers or producers, in order to supplement their income or lower their costs.“ (OECD 2005: 16)*

Darüber hinaus hänge die Definition und Abgrenzung von der Methode und dem Erkenntnisziel der zugrunde liegenden Untersuchung ab (OECD 2005: 16). Eine Übersicht über verschiedene Ansätze bietet beispielsweise die UBA-Veröffentlichung „Umweltschädliche Subventionen in Deutschland“ von Köder et al. (2014). Aufbauend auf diesen aufgeführten Ansätzen (siehe Tab. 20) wurde für die vorliegende Untersuchung eine eigene Definition entwickelt, die der hier verwendeten Methode und dem Erkenntnisziel – also der Frage welcher Teil der externen Kosten noch nicht internalisiert ist – angepasst ist.

- 1) Grundsätzlich folgt die hier verwendete Abgrenzung weitgehend dem sehr engen Subventionsbegriff des Bundesministeriums der Finanzen (BMF). Das BMF setzt diesen Subventionsbegriff im Subventionsbericht (BMF 2015a) ein und er ist in §12 des Stabilitäts- und Wachstumsgesetzes

<sup>67</sup> Es gibt allerdings natürlich auch Gründe, die für Subventionen sprechen, beispielsweise um damit neue Technologien in der Einführungsphase zu unterstützen oder aus sozialpolitischen Gründen.

(Deutscher Bundestag 08.09.2015b) definiert. Berücksichtigt werden bei diesem Subventionsbegriff allein die expliziten budgetwirksamen Subventionstatbestände der „Finanzhilfen“ und „Steuervergünstigungen“. Der enge Subventionsbegriff wird in der vorliegenden Arbeit hauptsächlich aus pragmatischen Gründen gewählt, da die Erfassung und Zuordnung anderer Subventionstatbestände überaus aufwendig ist und im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden kann. Außerdem wird damit auch einem möglicherweise sonst vorgebrachten Vorwurf einer Überschätzung der Internalisierungslücke entgegengewirkt.

- 2) Den Untersuchungsgegenstand stellen allein die privaten Haushalte in Deutschland dar. Deswegen werden nur Subventionen erfasst, die einen Einfluss auf den Konsumentenpreis der privaten Haushalte in Deutschland haben. Die Zuordnung der Subventionen erfolgt entsprechend der Auswirkung auf das betrachtete Gut.
- 3) Da berechnet werden soll, ob eine Internalisierungslücke bezüglich der externen Kosten besteht, werden nur solche Steuervergünstigungen berücksichtigt, die eine Abweichung vom faktorneutralen Regelsatz der Umsatzsteuer darstellen. Alle anderen Formen der Besteuerung werden den positiven Internalisierungsmaßnahmen zugerechnet, sofern die sie betreffenden Aspekte in der Berechnung der externen Kosten enthalten sind.
- 4) In manchen Ansätzen werden externe Kosten als Subventionen eingestuft. Dies folgt der Logik, dass alle Abweichungen von den sozialen Kosten als Subvention angesehen werden (vgl. Valsecchi et al. 2009: 15). Diesem Ansatz wird nicht gefolgt, da hier die Gegenüberstellung der externen Kosten mit der bestehenden Internalisierung das Ziel darstellt, eine Definition der externen Kosten als Subvention also zu begrifflichen Verwirrungen sorgen könnte.
- 5) Es werden nur nationale Subventionen berücksichtigt. Theoretisch wäre es im Sinne der Vollständigkeit auch notwendig, die im Ausland bei der Förderung und Ausfuhr der Energierohstoffe gezahlten Subventionen zu berücksichtigen. Dies ist aufgrund der Komplexität der Aufgabe hier allerdings nicht möglich.

Insbesondere wegen der in den Punkten 1 und 5 genannten Einschränkungen handelt es sich bei den hier erfassten Subventionen höchstwahrscheinlich um eine untere Grenze der „tatsächlichen“ Subventionen.<sup>68</sup> Im Sinne einer vorsichtigen, tendenziell unterschätzenden Berechnung sorgt dies auch für die Internalisierungslücke eher für eine Unter- als Überschätzung.

---

<sup>68</sup> Eine Übersicht über in Deutschland gezahlte Subventionen, bei denen der Subventionsbegriff breiter ausgelegt wird, bieten zum Beispiel Köder et al. (2014) und für den Strombereich im Speziellen Küchler und Wronski (2015).

Tab. 20: Übersicht zu ausgewählten Subventionsbegriffen

Subventionstyp	Subventionsbegriff					
	Bundesministerium der Finanzen (BMF), Subventionsbericht der Bundesregierung	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD)	Umweltbundesamt (UBA)	Forum ökologisch-soziale Marktwirtschaft (FÖS)	Institut für europäische Umweltpolitik (IEEP)	Internationaler Währungsfonds (IWF)
<b>Budgetwirksame Subventionen (explizite Subventionen)</b>						
Finanzhilfen (zweckgebundene Zuschüsse, Schuldendiensthilfen, Darlehen)	X	X	X	X	X	X
Steuervergünstigungen	X	X	X	X	X	X
In Anspruch genommene Bürgschaften und Garantien		X	X	X	X	X
<b>Nicht direkt budgetwirksame Subventionen (implizite Subventionen)</b>						
Nicht in Anspruch genommene Bürgschaften/Garantien		X	X	X	X	X
Gezielte Begünstigungen im Rahmen staatlicher Regulierung		X	X	X	X	X
Staatliche Bereitstellung oder Beschaffung von Gütern, Leistungen und Rechten zu Preisen, die nicht den Marktpreisen entsprechen		X	X	X	X	X
Unvollständige Internalisierung von Umweltkosten					(X) <sup>1</sup>	(X) <sup>2</sup>

<sup>1</sup> IEEP bewertet Externalitäten nicht per se als Subventionen, erlaubt aber deren Berücksichtigung, sofern Quantifizierungen sinnvoll möglich sind und die Politik auf die anerkannten Umweltprobleme nicht reagiert.

<sup>2</sup> Der IWF verwendet bei der Betrachtung von Subventionen für fossile Energieträger u.a. auch einen Subventionsbegriff, der die Internalisierung von Umweltkosten berücksichtigt (IWF (2013), S. 1).

Quelle: Köder et al. 2014: 9

Berechnet werden die Subventionen pro verbrauchter Einheit ( $S$ ), indem die einzelnen Subventionstatbestände ( $s_l$ ) aufaddiert werden. Damit die einzelnen Subventionstatbestände jeweils auf eine verbrauchte Einheit des jeweiligen Produktes bezogen werden können, müssen verschiedene Berechnungsschritte vorgenommen werden. Diese werden in den einzelnen Bereichskapiteln erläutert. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt.

$$S = \sum_{l=1}^u s_l$$

$S$  =: aggregierte bestehende Subvention pro Einheit  
 $s_{1,...,u}$  =: bestehende Subventionstatbestände pro Einheit



#### 6.5.6.4 Berechnung der bestehenden Nettointernalisierungslücke

Die bestehende Nettointernalisierung (BNI) errechnet sich, indem man von der aggregierten bestehenden Internalisierung (BI) die aggregierte bestehende Subvention (S) abzieht. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt.

$$BNI = BI - S$$

*BNI* =: bestehende Nettointernalisierung pro Einheit  
*BI* =: aggregierte bestehende Internalisierung pro Einheit  
*S* =: aggregierte bestehende Subvention pro Einheit

#### 6.5.7 Berechnung der Internalisierungslücke (Schritt 9)

Bislang wurden die externen Kosten der jeweiligen Produkte im Sinne eines Brutto-Ansatzes berechnet. In diesem Schritt werden nun die Nettowerte der externen Kosten berechnet. Sie unterscheiden sich vom Bruttowert der externen Kosten durch die Subtraktion der bestehenden Nettointernalisierung (siehe Kapitel 6.5.6).<sup>69</sup> Der so berechnete Nettowert der externen Kosten wird in dieser Arbeit – sofern er negativ ist – als Internalisierungslücke bezeichnet.

Die bestehende Nettointernalisierung (BNI) errechnet sich, indem man von der aggregierten bestehenden Internalisierung (BI) die aggregierte Subvention (S) abzieht. Um die Internalisierungslücke pro betrachteter Einheit (IL) des jeweiligen betrachteten Energieträgers zu berechnen, wird die bestehende Nettointernalisierung vom aggregierten Kostensatz (K) abgezogen. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt.

$$BNI = BI - S$$

$$IL = K - BNI$$

*BNI* =: bestehende Nettointernalisierung pro Einheit  
*IL* =: Internalisierungslücke pro Einheit

### 6.6 Bereichsübergreifende Berechnung der Auswirkungen der Internalisierung

#### 6.6.1 Berechnung der prozentualen Preiserhöhungen (Schritt 10)

Um die Auswirkungen der Internalisierung ermitteln zu können, werden die durch die Internalisierung ausgelösten prozentualen Preiserhöhungen benötigt. Sie ergeben sich, wenn man die Internalisierungslücke des Jahres 2013 durch die Energiepreise des Jahres 2013 teilt. Die Berechnungen beziehen sich auf das Jahr 2013, weil die Daten der EVS2013 als Ausgangspunkt verwendet werden. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt.

<sup>69</sup> Zur Unterscheidung zwischen Brutto- und Nettowert der Internalisierung siehe zum Beispiel auch Breitschopf und Diekmann (2010: 6).

$$PE^{int} = \frac{IL^{2013}}{p^{2013}}$$

$PE^{int}$  = prozentuale Preiserhöhung durch Internalisierung

### 6.6.2 Berechnung und Festlegung der Preiselastizitäten (Schritt 11)

Um die Auswirkungen der Internalisierung einer Internalisierungslücke auf den Verbrauch und die Ausgaben zu berechnen, werden Preiselastizitäten der Energienachfrage benötigt. Diese liegen im Idealfall sowohl differenziert nach dem Einkommen als auch nach den verschiedenen Energieträgern vor.

Um möglichst differenzierte und für die angestrebte Auswertung passende Preiselastizitäten zu erhalten, werden in dieser Arbeit zum einen „eigene“ Preiselastizitäten auf Basis der Daten der EVS2008 und EVS2013 berechnet. Da die Berechnung auf den vorherigen Auswertungen dieser Arbeit beruht, werden diese nicht hier sondern einschließlich der genauen Methodik in Kapitel 11.3.1 ausführlich dargestellt. Die selbst berechneten Preiselastizitäten sind jedoch nicht belastbar genug, um allein auf deren Basis die weiteren Auswertungen durchzuführen. Deswegen werden in Kapitel 11.3.2 und 11.3.3 zusätzlich Preiselastizitäten aus anderen Studien ausgewertet. In Kapitel 11.3.4 werden die letztlich verwendeten Preiselastizitäten präsentiert, die aus einer Kombination der „fremden“ Preiselastizitäten und der „eigenen“ Preiselastizitäten bestehen. Die Preiselastizitäten liegen energieträgerspezifisch und teilweise einkommensspezifisch vor. Zudem wird zwischen Preiselastizitäten in der kurzen und der langen Frist unterschieden. Zudem werden in Kapitel 12.3 noch Ergebnisse für zwei weitere alternative Preiselastizitätsszenarien berechnet.

$\eta$  =: (einkommens- und energieträgerspezifische) Preiselastizitäten

### 6.6.3 Berechnung der Auswirkungen auf Verbrauch, Emissionen und externe Kosten (Schritt 12)

Mittels der prozentualen Preiserhöhungen und der Preiselastizitäten lassen sich die durch die Internalisierung ausgelösten Auswirkungen auf den Verbrauch berechnen. Die durch die Internalisierung ausgelösten Rückgänge des Verbrauchs ( $\Delta Q^{int}$ ) werden berechnet, indem die prozentualen Preisänderungen mit den Preiselastizitäten und dem Verbrauch des Jahres 2013 multipliziert werden. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt und lassen sich in der gemeinsamen Einheit (kWh/P/Jahr) aufaddieren.

$$\Delta Q^{int} = PE^{2013} * \eta * Q^{2013}$$

$$Q^{int} = Q^{2013} + \Delta Q^{int}$$

$\Delta Q^{int}$  =: Verbrauchsänderung durch Internalisierung

$Q^{int}$  =: Verbrauch nach Internalisierung

Die Auswirkungen der Internalisierung auf den Verbrauch ergeben sich also allein aus den durch die Internalisierung ausgelösten Preisänderungen, die über die angenommenen Preiselastizitäten schließlich zu den Verbrauchsänderungen führen. Davon abgesehen werden sie ceteris paribus entsprechend des Jahres 2013 berechnet. Andere Änderungen, wie beispielsweise ein durch die Preiserhöhung ausgelöster technischer Fortschritt, der zu effizienteren Geräten führt, oder möglicherweise durch die Preiserhöhung ausgelöste Verhaltensänderungen werden nicht berücksichtigt.

Die Verbrauchsänderungen führen auch zu Rückgängen bei den Emissionen und damit auch bei den externen Kosten. Auch hier erfolgen die Änderungen ceteris paribus, es gibt also abgesehen von der Verbrauchsänderung keine weiteren Änderungen an der Berechnung (beispielsweise bei den Emissionsfaktoren oder den Kostensätzen). Die durch die Internalisierung ausgelösten prozentualen Rückgänge bei den Emissionen und externen Kosten sind deswegen identisch mit den prozentualen Rückgängen des Verbrauchs.

$$\frac{\Delta Q^{int}}{Q^{2013}} = \frac{\Delta E^{int}}{E^{2013}} = \frac{\Delta EXT^{int}}{EXT^{2013}}$$

#### 6.6.4 Berechnung der finanziellen Belastungswirkungen (Schritt 13)

Zur Berechnung der durch die Internalisierung ausgelösten finanziellen Belastungswirkungen werden die im Schritt zuvor berechneten, durch die Internalisierung reduzierten Verbräuche mit der jeweiligen Internalisierungslücke multipliziert. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt und lassen in der gemeinsamen Einheit €/P/a aufaddieren.

$$B^{int} = Q^{int} * IL^{2013}$$

*B =: finanzielle Belastungswirkung (Bruttoperspektive)*

Die finanziellen Belastungswirkungen liegen zunächst in Eurobeträgen vor. Zur Einordnung der sozialen Verträglichkeit werden diese auf das Pro-Kopf-Nettoeinkommen des Jahres 2013 bezogen.

$$rB^{int} = \frac{B^{int}}{NEK^{2013}}$$

*rB<sup>int</sup> =: relative finanzielle Belastungswirkung (% des Pro-Kopf-Nettoeinkommens)*

*NEK =: Pro-Kopf-Nettoeinkommen*

#### 6.6.5 Berechnung der finanziellen Nettoverteilungswirkungen des Ökobonus (Schritt 14)

Im finalen Schritt werden die Nettoverteilungswirkungen der Internalisierung berechnet, die sich ergeben, wenn man den Ökobonus zur Verwendung der Einnahmen einsetzt.<sup>70</sup> Der Ökobonus ist für alle

<sup>70</sup> Im Folgenden und in der weiteren Arbeit wird der Begriff Nettoverteilungswirkung zur besseren Lesbarkeit oft verkürzt als Nettowirkung bezeichnet.

durch ihn Begünstigten gleich hoch und entspricht den durchschnittlichen Internalisierungseinnahmen. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt und lassen sich in der gemeinsamen Einheit €/P/Jahr aufaddieren.

$$\ddot{O}B^{int} = B_{\emptyset}^{int}$$

$\ddot{O}B$  =: Ökobonus (in Euro)

$B_{\emptyset}^{int}$  =: durchschnittliche absolute finanzielle Belastung (in Euro)

Die Nettowirkungen des Ökobonus ( $NB_p^{int}$ ) lassen sich berechnen, indem man den Ökobonus ( $\ddot{O}B^{int}$ ) von den jeweiligen personenspezifischen finanziellen Belastungswirkungen der Internalisierung ( $B_p^{int}$ ) abzieht. Die durchschnittliche Nettowirkung ( $NB_{\emptyset}^{int}$ ) des Ökobonus ist gleich Null. Das bedeutet, dass die Einnahmen der Internalisierung den Ausgaben der Internalisierung entsprechen. Positive Nettowirkungen entsprechen einem finanziellen Gewinn (Entlastung), negative Nettowirkungen einem finanziellen Verlust (Belastung).

$$NW\ddot{O}B_p^{int} = B_p^{int} - \ddot{O}B^{int}$$

$$NB_{\emptyset}^{int} = 0$$

$NW\ddot{O}B^{int}$  =: finanzielle Nettowirkungen des Ökobonus (in Euro)

$P_{1,...,b}$  =: Personen

Wie bei den Belastungswirkungen werden auch die finanziellen Nettowirkungen des Ökobonus zur Einschätzung der sozialen Verträglichkeit relativ zum Prof-Kopf-Nettoeinkommen dargestellt.

$$rNW\ddot{O}B_p^{int} = \frac{NW\ddot{O}B_p^{int}}{NEK^{2013}}$$

$rB^{int}$  =: relative finanzielle Nettowirkungen des Ökobonus (% des Pro-Kopf-Nettoeinkommens)

$NEK$  =: Pro-Kopf-Nettoeinkommen

## 6.7 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wird eine komprimierte Übersicht der Methodik in tabellarischer Form vorgestellt. Am Ende der Beschreibung jeden Schritts sind die Kapitel aufgeführt, in denen die jeweiligen Schritte ausführlicher erläutert werden. Die schrittweise Einteilung entspricht bei den Berechnungen auch der Kapitelaufteilung der weiteren Arbeit (siehe Kapitel 7 bis 11).

Tab. 21: Tabellarische Übersicht der Methodik

Vorbereitende Schritte
<p style="text-align: center;"><b>Schritt 1: Einteilung nach der ökonomischen Leistungsfähigkeit</b></p> <p>Zur Feststellung der ökonomischen Leistungsfähigkeit der Haushalte wird das Nettoäquivalenzeinkommen eingesetzt. Die zur Ermittlung des Nettoäquivalenzeinkommens notwendigen Äquivalenzfaktoren werden mittels der modifizierten OECD-Skala berechnet.</p> $\ddot{A}F_{HH} = 1,0 * P_1 + \sum \left\{ \begin{array}{l} \text{jedes weitere Haushaltsmitglied } P_{2,...,n} \text{ (Alter } \geq 14 \text{): } 0,5 \\ \text{jedes weitere Haushaltsmitglied } P_{2,...,n} \text{ (Alter } < 14 \text{): } 0,3 \end{array} \right.$ <p style="text-align: center;"> <math>\ddot{A}F</math> =: Äquivalenzfaktor  <math>HH</math> =: Haushalt  <math>P_{1,...,n}</math> =: Haushaltsmitglieder         </p> $N\ddot{A}QUIEK = \frac{NHHEK}{\ddot{A}F_{HH}}$ <p style="text-align: center;"> <math>N\ddot{A}QUIEK</math> =: Nettoäquivalenzeinkommen  <math>NHHEK</math> =: Nettohaushaltseinkommen         </p> <p>Für die Darstellung der Ergebnisse werden die Haushaltsmitglieder entsprechend ihres Nettoäquivalenzeinkommens in Dezile eingeteilt. Für diese Dezile und den Durchschnitt werden jeweils die arithmetischen Mittelwerte berechnet.</p> $i_{1,2,...,10,\emptyset} = \left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 0\% - 10\% \\ 2. \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 10\% - 20\% \\ 3. \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 20\% - 30\% \\ 4. \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 30\% - 40\% \\ 5. \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 40\% - 50\% \\ 6. \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 50\% - 60\% \\ 7. \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 60\% - 70\% \\ 8. \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 70\% - 80\% \\ 9. \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 80\% - 90\% \\ 10 \text{ Dezil: } N\ddot{A}QUIEK_p: 90\% - 100\% \\ \emptyset: \text{ alle Personen} \end{array} \right.$ <p style="text-align: center;"><math>i_{1,2,...,10,\emptyset}</math> =: Nettoäquivalenzeinkommensdezile 1 bis 10 und Durchschnitt</p> <p style="text-align: center;"><u>FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.4</u></p>
<p style="text-align: center;"><b>Schritt 2: Festlegung des Untersuchungsbereichs</b></p> <p>Der Untersuchungsbereich der vorliegenden Arbeit nimmt eine konsumorientierte Perspektive ein und beinhaltet die Energieträger beziehungsweise Verkehrsmittel der Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität.</p> <p style="text-align: center;"><math>en_{1,...,a}</math> =: Energieträger/Verkehrsmittel der Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität</p> <p style="text-align: center;"><u>FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.4.2</u></p>

### Bereichsspezifische Berechnungen bis zur Internalisierungslücke

#### Schritt 3: Auswertung der Ausgaben

Zur Auswertung der Ausgaben werden die Scientific-Use-Files der EVS2008 und EVS2013 (siehe Kapitel 6.3.2) herangezogen. Es werden sowohl Werte für das Jahr 2008 als auch für das Jahr 2013 berechnet. Die Auswertungen erfolgen dabei aufgeteilt in Nettoäquivalenzeinkommensdezile und den Durchschnitt (Schritt 1) und beinhalten alle im Untersuchungsbereich festgelegten Energieträger und Verkehrsmittel (Schritt 2).

${}^tA_i^{en}$  =: Ausgaben, aufgeteilt in:  
 $i_{1,2,\dots,10,\emptyset}$  =: Nettoäquivalenzeinkommensdezile 1 bis 10 und Durchschnitt  
 $en_{1,\dots,a}$  =: Energieträger/Verkehrsmittel der Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität  
 $t_{2008,2013}$  = Jahre 2008 und 2013

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.5

#### Schritt 4: Aufstellung der Preis-Ausgaben-Funktionen

Zur Umrechnung der Ausgaben in Verbräuche werden lineare Preis-Ausgaben-Funktionen aufgestellt. Die Berechnungen werden für jeden Energieträger einzeln durchgeführt und differenzieren – je nach Energieträger in unterschiedlicher Tiefe – zwischen den Preiseinflussfaktoren Abnahmemenge und Kaufzeitpunkt.

$$p(A) = m * A + b$$

$m$  =: Steigung  
 $A$  =: Ausgaben  
 $b$  =: Konstante

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.5.2

#### Schritt 5: Berechnung der Verbräuche

Zur Berechnung der Verbräuche werden die aus den SUF der EVS2008 und EVS2013 ermittelten Ausgaben (Schritt 3) durch die erstellten Preis-Ausgaben-Funktionen (Schritt 4) geteilt. Die Berechnungen werden für jeden Energieträger einzeln durchgeführt und lassen sich in der gemeinsamen Einheit (kWh/P/Jahr) aufaddieren.

$$Q = \frac{A}{p(A)}$$

$Q$  =: Verbrauch  
 $A$  =: Ausgaben  
 $p(A)$  =: Preis-Ausgaben-Funktion

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.5.3

### Schritt 6: Berechnung der Emissionen

Zur Berechnung der Emissionen werden die zuvor berechneten Verbräuche mit Emissionsfaktoren multipliziert. Die Emissionsberechnungen werden für jeden einbezogenen Schadstoff durchgeführt. Als Datenquelle für die Emissionsfaktoren wird die GEMIS-Datenbank v4.94 (siehe Kapitel 6.3.4) verwendet. Die Berechnungen werden für jeden Schadstoff und Energieträger einzeln durchgeführt und lassen sich auf der Ebene der einzelnen Schadstoffe aufaddieren.

$$E_j = Q * e_j$$

$E$  =: Emissionen

$e$  =: Emissionsfaktor

$j_{1,...,n}$  =: Schadstoffe

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.5.4

### Schritt 7: Berechnung der externen Kosten

Zur Berechnung der externen Kosten der einzelnen Schadstoffe ( $E_j$ ) werden die zuvor berechneten Emissionen jeweils mit einem schadstoffspezifischen Kostensatz ( $k_j$ ) multipliziert. Bei der Bestimmung der Kostensätze wird auf die sogenannten Best-Practice-Kostensätze der Methodenkonvention 2.0 des Umweltministeriums (UBA) zurückgegriffen (Schwermer et al. 2014).

$$ext_j = E_j * k_j$$

$ext$  =: Externe Kosten des Schadstoffes

$k$  =: Kostensatz des betrachteten Schadstoffes

Um die gesamten hier betrachteten externen Kosten pro Jahr und pro Person ( $EXT$ ) zu erhalten, werden die externen Kosten der einzelnen Schadstoffe aufsummiert.

$$EXT = \sum_{j=1}^n ext_j$$

$EXT$  =: aggregierte Externe Kosten

$j_{1,...,n}$  =: einbezogene Schadstoffe

Zur besseren Vergleichbarkeit und um in den nachfolgenden Schritten die Internalisierungslücke berechnen zu können, werden aggregierte Kostensätze pro verbrauchter Einheit ( $K$ ) berechnet, in denen die externen Kosten aller berücksichtigten Schadstoffe enthalten sind. Diese aggregierten Kostensätze pro verbrauchter Einheit ergeben sich ebenfalls, wenn man die aggregierten externen Kosten eines Energieträgers durch dessen Verbrauch teilt. Die Kostensätze pro verbrauchter Einheit liegen in der Einheit Cent pro Kilowattstunde vor und werden energieträgerspezifisch berechnet.

$$K = \sum_{j=1}^n e_j * k_j$$

$$K = \frac{EXT}{Q}$$

$K$  =: Kostensatz pro verbrauchter Einheit

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.5.5

### Schritt 8: Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung

Die bestehende Internalisierung pro verbrauchter Einheit ( $BI$ ) wird berechnet, indem die einzelnen bestehenden Internalisierungsinstrumente ( $bi_k$ ) aufaddiert werden. Damit die einzelnen Instrumente jeweils auf eine verbrauchte Einheit des jeweiligen Produktes bezogen werden können, müssen verschiedene Berechnungsschritte vorgenommen werden. Diese werden in den einzelnen Bereichskapiteln erläutert. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt.

$$BI = \sum_{k=1}^m bi_k$$

$BI$  =: aggregierte bestehende Internalisierung pro Einheit  
 $bi_{1,...,m}$  =: bestehendes Internalisierungsinstrumente pro Einheit

Die Subventionen pro verbrauchter Einheit ( $S$ ) werden berechnet, in dem die einzelnen Subventionstatbestände ( $s_l$ ) aufaddiert werden. Damit die einzelnen Subventionstatbestände jeweils auf eine verbrauchte Einheit des jeweiligen Produktes bezogen werden können, müssen verschiedene Berechnungsschritte vorgenommen werden. Diese werden in den einzelnen Bereichskapiteln erläutert. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt.

$$S = \sum_{l=1}^u s_l$$

$S$  =: aggregierte bestehende Subvention pro Einheit  
 $s_{1,...,u}$  =: bestehende Subventionstatbestände pro Einheit

Die bestehende Nettointernalisierung ( $BNI$ ) errechnet sich, indem man von der aggregierten bestehenden Internalisierung ( $BI$ ) die aggregierte bestehende Subvention ( $S$ ) abzieht. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt.

$$BNI = BI - S$$

$BNI$  =: bestehende Nettointernalisierung pro Einheit

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.5.6

### Schritt 9: Berechnung der Internalisierungslücke

Um die Internalisierungslücke pro betrachteter Einheit ( $IL$ ) des jeweiligen betrachten Energieträgers zu berechnen, wird die bestehende Nettointernalisierung vom aggregierten Kostensatz ( $K$ ) abgezogen. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt.

$$IL = K - BNI$$

$IL$  =: Internalisierungslücke pro Einheit

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.5.7



## Bereichsübergreifende Berechnungen der Auswirkungen der Internalisierung (Kapitel 11)

### Schritt 10: Berechnung der prozentualen Preiserhöhungen

Um die Auswirkungen der Internalisierung ermitteln zu können, werden die durch die Internalisierung ausgelösten prozentualen Preiserhöhungen benötigt. Diese ergeben sich, wenn man die Internalisierungslücke des Jahres 2013 durch die Energiepreise des Jahres 2013 teilt. Die Berechnungen beziehen sich auf das Jahr 2013, weil die Daten der EVS2013 als Ausgangspunkt verwendet werden. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt.

$$PE^{int} = \frac{IL^{2013}}{p^{2013}}$$

$PE^{int}$  =: prozentuale Preiserhöhung durch Internalisierung

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.6.1

### Schritt 11: Berechnung und Festlegung der Preiselastizitäten

Zur Berechnung der Auswirkungen der Internalisierung sind Preiselastizitäten notwendig. Die verwendeten Preiselastizitäten (siehe Kapitel 11.3.4) ergeben sich dabei aus einer Kombination von selbst berechneten Preiselastizitäten (Kapitel 11.3.2) und von Preiselastizitäten aus einer Metastudie (Kapitel 11.3.3). Die Preiselastizitäten liegen energieträgerspezifisch und teilweise einkommensspezifisch vor. Es wird zwischen Preiselastizitäten in der kurzen und in der langen Frist unterschieden, die sich bezüglich ihrer Elastizität und einkommensspezifischen Komponente unterscheiden.

$\eta$  =: (einkommens- und energieträgerspezifische) Preiselastizitäten

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.6.2

### Schritt 12: Berechnung der Auswirkungen auf Verbrauch, Emissionen und externe Kosten

Die durch die Internalisierung ausgelösten Rückgänge des Verbrauchs ( $\Delta Q^{int}$ ) werden berechnet, in dem die prozentualen Preisänderungen mit den Preiselastizitäten und dem Verbrauch des Jahres 2013 multipliziert werden. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt und lassen sich in der Einheit (kWh/P/Jahr) aufaddieren.

$$\Delta Q^{int} = PE^{2013} * \eta * Q^{2013}$$

$$Q^{int} = Q^{2013} + \Delta Q^{int}$$

$\Delta Q^{int}$  =: Verbrauchsänderung durch Internalisierung

$Q^{int}$  =: Verbrauch nach Internalisierung

Die Verbrauchsrückgänge führen zu Rückgängen bei den Emissionen und damit auch bei den externen Kosten. Die durch die Internalisierung ausgelösten prozentualen Rückgänge bei den Emissionen und externen Kosten sind – da außer dem Verbrauchsrückgang keine weiteren Änderungen vorgenommen werden – identisch mit den prozentualen Rückgängen des Verbrauchs.

$$\frac{\Delta Q^{int}}{Q^{2013}} = \frac{\Delta E^{int}}{E^{2013}} = \frac{\Delta EXT^{int}}{EXT^{2013}}$$

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.6.2

### Schritt 13: Berechnung der finanziellen Belastungswirkungen

Zur Berechnung der durch die Internalisierung ausgelösten finanziellen Belastungswirkungen (Bruttoperspektive) werden die im Schritt zuvor berechneten, durch die Internalisierungsmaßnahmen reduzierten Verbräuche mit der jeweiligen Internalisierungslücke multipliziert. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt und lassen sich in der gemeinsamen Einheit (€/P/Jahr) aufaddieren.

$$B^{int} = Q^{int} * IL^{2013}$$

$B$  =: finanzielle Belastungswirkungen (Bruttoperspektive)

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.6.4

### Schritt 14: Berechnung der finanziellen Nettoverteilungswirkungen des Ökobonus

Im finalen Schritt werden die Nettoverteilungswirkungen der Internalisierung berechnet, die sich ergeben, wenn man den Ökobonus zur Verwendung der Einnahmen einsetzt. Die Höhe des Ökobonus entspricht dabei den durchschnittlichen Einnahmen der Internalisierung des jeweiligen Energieträgers. Die Berechnungen werden energieträgerspezifisch durchgeführt und lassen sich in der gemeinsamen Einheit (€/P/Jahr) aufaddieren.

$$\ddot{O}B^{int} = B_{\emptyset}^{int}$$

$\ddot{O}B$  =: Ökobonus

$B_{\emptyset}^{int}$  =: durchschnittliche absolute finanzielle Belastung

Die Nettowirkungen des Ökobonus ( $NB_p^{int}$ ) lassen sich berechnen, indem man den Ökobonus ( $\ddot{O}B^{int}$ ) von den jeweiligen personenspezifischen finanziellen Bruttobelastungen der Internalisierung ( $B_p^{int}$ ) abzieht. Die durchschnittliche Nettowirkung ( $NB_{\emptyset}^{int}$ ) des Ökobonus ist gleich Null, da die aggregierten Einnahmen der Internalisierung annahmegemäß den aggregierten Ausgaben entsprechen.

$$NW\ddot{O}B_p^{int} = B_p^{int} - \ddot{O}B^{int}$$

$$NB_{\emptyset}^{int} = 0$$

$NW\ddot{O}B^{int}$  =: finanzielle Nettowirkungen des Ökobonus

$P_{1,...,b}$  =: Personen

FÜR AUSFÜHRLICHERE ERLÄUTERUNGEN SIEHE KAPITEL 6.6.5

Quelle: eigene Darstellung

## 7 Bereichsspezifische Berechnungen „Haushaltsstrom“

### 7.1 Überblick

In diesem Kapitel werden die Berechnungen im Bereich Haushaltsstrom bis zum Schritt der Internalisierungslücke vorgestellt (Schritte 3-9, siehe Schaubild 17). In Kapitel 7.2 wird der untersuchte Bereich kurz vorgestellt. Anschließend folgt die eigentliche Methodik- und Ergebnisdarstellung. Um einen groben Überblick zu ermöglichen, werden die einzelnen Schritte mit Verweis auf das jeweilige Kapitel kurz aufgeführt.

Als erstes werden die aus der EVS2008 und EVS2013 stammenden Ausgaben für Haushaltsstrom analysiert (Schritt 3; Kapitel 7.3). Dabei muss jedoch zunächst eine Unterscheidung in Haushalts- und Heizstrom – der im Wärmebereich behandelt wird – vorgenommen werden (siehe Kapitel 7.3.1). Über die anschließend präsentierten Preise (Schritt 4; Kapitel 7.4) werden mittels selbst erstellter Preis-Ausgaben-Funktionen die Ausgaben in Verbräuche umgerechnet (Schritt 5). Diese werden in Kapitel 7.5 vorgestellt. Über aus der GEMIS-Datenbank stammende Emissionsfaktoren werden daran anschließend die Emissionen berechnet (Schritt 6; Kapitel 7.6). Über Kostensätze aus der Methodenkonvention 2.0 des Umweltbundesamtes werden auf Basis der Emissionen die externen Kosten berechnet (Schritt 7; Kapitel 7.7). Anschließend wird mittels einer Auflistung der bestehenden Internalisierungsmaßnahmen und Subventionen die bestehende Nettointernalisierung im Strombereich berechnet (Schritt 8; Kapitel 7.8). Den spezifisch dem Haushaltsstrom gewidmeten Bereich abschließend, werden die Internalisierungslücken – sowohl pro kWh als auch pro Kopf und Jahr – berechnet und vorgestellt (Schritt 9; Kapitel 7.9).

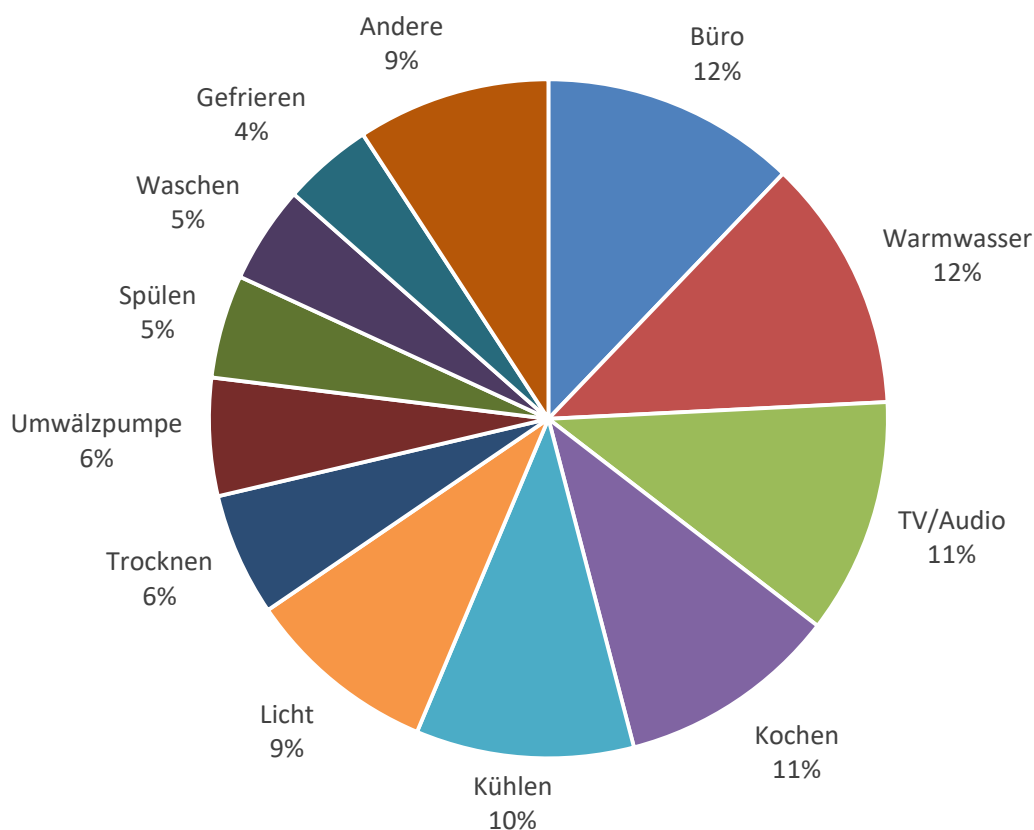
Die Auswirkungen der Internalisierung der festgestellten Internalisierungslücken (Schritte 10-14) wird für die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität direkt bereichsübergreifend durchgeführt und ist – nach einer Übersicht der Zwischenergebnisse (siehe Kapitel 10) – in Kapitel 11 zu finden.

### 7.2 Beschreibung des Untersuchungsbereichs

Der Geschichte der Elektrifizierung also der Bereitstellung von elektrischer Energie (Strom) über Leitungsnetze – beginnt in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Ermöglicht wurde sie durch die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips durch Werner von Siemens. Zu Beginn wurde Strom hauptsächlich zur Beleuchtung eingesetzt (zum Beispiel bei der Weltausstellung in Paris im Jahr 1878), wobei die Entwicklung und Vermarktung der Kohlefadenlampe durch Thomas Edison ab dem Jahr 1879 einen wichtigen Meilenstein darstellte. Über die Zeit erweiterte sich das Einsatzgebiet der Elektrizität enorm. Heutzutage gibt es in jedem Haushalt eine Vielzahl von elektrisch betriebenen Geräten, von den

Leuchtmitteln über die Waschmaschine, den Kühlschrank, die Spülmaschine, den Fernseher, die Hifi-Anlage, den Laptop, das Handy bis zur elektrischen Zahnbürste. Eine Übersicht über den durchschnittlichen Anteil und die Vielzahl der verschiedenen Felder des Stromverbrauchs in deutschen Haushalten im Jahr 2011 bietet Schaubild 19, das auf Erhebungen und Auswertungen der EnergieAgentur.NRW (2011: 7) beruht. Wie dort zu sehen ist, ist „Licht“ mit 9% nur für einen kleinen Teil des Stromverbrauchs verantwortlich. Einen größeren Anteil am Stromverbrauch machen die Felder „Büro“ – also Computer, Drucker, etc. – „Warmwasser“, „TV/Audio“, „Kochen“ und „Kühlen“ aus.

**Schaubild 19: Aufteilung des Stromverbrauchs der privaten Haushalte in Deutschland im Jahr 2011 (% des Stromverbrauchs)**



Quelle: EnergieAgentur.NRW 2011: 7; eigene Darstellung

Laut den Daten der U.S. Energy Information Administration (EIA) hat sich der weltweite Stromverbrauch (Total Electricity Net Consumption) von 1980 bis 2014 von 7.300 Mrd. kWh/a auf 20.700 Mrd. kWh/a fast verdreifacht (U.S. Energy Information Administration 2016). In Deutschland hat sich der Stromverbrauch von 1980 bis 2014 allerdings von 452 Mrd. kWh/a auf 533 Mrd. kWh/a nur noch um knapp 20% erhöht (U.S. Energy Information Administration 2016).

Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien wurden in Deutschland in den letzten Jahren einige Fortschritte bezüglich der Umweltverträglichkeit bei der Stromerzeugung gemacht. Wie im Kapitel zu den Emissionsfaktoren (siehe Kapitel 7.6.1) später ausführlicher dargestellt wird, führte dies von 2005

bis 2010 zu sinkenden Emissionen pro erzeugter kWh Strom. Da jedoch gleichzeitig in Deutschland der Atomausstieg standfand und stattfindet, sind die durchschnittlichen THG-Emissionen pro erzeugter kWh in den letzten Jahren nicht mehr weiter gesunken. Ohne den Ausbau der erneuerbaren Energien wären die THG-Emissionen durch den Atomausstieg jedoch deutlich angestiegen. Insgesamt sind von 1990 bis 2015 die durch die Stromerzeugung verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen (unter Berücksichtigung des Handelssaldos) von 367 Mio. t CO<sub>2</sub>/a auf 284 Mio. t CO<sub>2</sub>/a zwar recht deutlich zurückgegangen (Icha 2016: 7), sie ist aber immer noch für den größten Teil der THG-Emissionen in Deutschland verantwortlich (BMUB 2016a: 20). Dies verdeutlicht, dass es im Strombereich weiterhin massiver Bemühungen bedarf, um beispielsweise die THG-Reduktionsziele von 80-95% bis zum Jahr 2050 zu erreichen. Insbesondere dann, wenn (wie geplant) ein weitgehender Umstieg auf die Elektromobilität realisiert werden soll.

Die bislang präsentierten Daten betrafen den gesamten Stromverbrauch in Deutschland. Die nachfolgenden Auswertungen beziehen sich jedoch nur auf den von Haushalten verbrauchten Strom. Nach den Daten der AG Energiebilanzen lag der Anteil der Haushalte am Stromendenergieverbrauch im Jahr 2012 bei 26,4% (AGEB 2013: 29).<sup>71</sup> Allein dieser Anteil wird in den nachfolgenden Analysen behandelt.

## 7.3 Auswertung der Ausgaben (Schritt 3)

### 7.3.1 Differenzierungsgrad der Ausgaben

Als Datenquelle für die Auswertungen bezüglich der Stromausgaben werden die EVS2008 und die EVS2013 verwendet. Ein Problem beim Vergleich der Stromausgaben und der daraus abgeleiteten Stromverbräuche ergibt sich daraus, dass sowohl in der EVS2008 als auch der EVS2013 nicht unterschieden wird zwischen Ausgaben für Haushaltsstrom und Heizstrom. Bei beiden Erhebungen werden die Ausgaben für Strom in einer gemeinsamen Variable ausgewiesen (EVS2008: ef251; EVS2013: EF314).<sup>72</sup> Eine Unterscheidung zwischen Haushaltsstrom und Heizstrom ist jedoch notwendig, da die Preise für Haushalts- und Heizstrom stark voneinander abweichen (siehe Kapitel 7.4 und 8.4.5), ohne eine solche Unterscheidung also deutlich fehlerhafte Verbrauchswerte zu erwarten wären.

<sup>71</sup> Der größte Teil von 43,5% wird durch die Industrie („Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe insg.“) verbraucht, gefolgt von „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen u. übr. Verbraucher“ mit 27,0%. Die restlichen 3,2% werden dem Schienenverkehr zugeordnet.

<sup>72</sup> Zur besseren Unterscheidung werden die sowohl in der EVS2008 als auch der EVS2013 mit dem Präfix „EF“ benannten Variablen mit einem kleingeschriebenen „ef“ benannt, wenn sie aus der EVS2008 stammen und mit einem großgeschriebenen „EF“, wenn sie aus der EVS2013 stammen.

Tab. 22: Haushaltsstromverbrauch nach Heizenergieart bei 55% Heizkostenanteil (kWh/P/a)

überwiegende Heizenergieart (ef22; EF23)	Haushaltsstrom EVS2008	Haushaltsstrom EVS2013
trifft nicht zu	1.233	1.123
Strom*	1.414	1.292
Gas	1.398	1.263
Heizöl	1.491	1.324
Feste Brennstoffe	1.514	1.365
sonstiges	1.918	1.762
Insgesamt*	1.414	1.277

\* Werte, die im jeweiligen Jahr möglichst übereinstimmen sollten

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Berechnung

Deswegen wurde zur Schätzung der Aufteilung der Stromaushgaben eine eigene Methodik entwickelt. Für Haushalte, die als überwiegende Heizenergieart Strom angeben („überwieg. Heizenergieart/Hauptwohnung = Strom“ (EVS2008: ef22=1; EVS2013: EF23=1)) wird angenommen, dass 55% der Ausgaben für Heizstrom und 45% für Haushaltsstrom anfielen. Dies beruht auf der Annahme, dass der Haushaltsstromverbrauch von Haushalten, die hauptsächlich mit Strom heizen, pro Kopf gleich hoch ist wie der durchschnittliche Haushaltsstromverbrauch aller Haushalte. Der Heizkostenanteil wurde also so gewählt, dass der jährliche Pro-Kopf-Haushaltsstromverbrauch der „Stromheizer“ möglichst dem des Durchschnitts entspricht. Bei der EVS2008 liegt der Verbrauchswert bei 1.414 kWh/P/a. Dieser Wert ergibt sich bei einem Heizkostenanteil an den Stromkosten in Höhe von 55% (siehe Tab. 22). Bei der EVS2013 wurde im Sinne einer vergleichbaren Methodik ebenfalls ein Heizstromkostenanteil von 55% angenommen. Der Haushaltsstromverbrauch von Stromheizern liegt damit durchschnittlich bei 1.292 kWh/P/a, was näherungsweise dem arithmetischen Mittelwert entspricht (1.277 kWh/P/a). In diesem Kapitel werden allein die Ergebnisse für Haushaltsstrom betrachtet. Heizstrom wird im Bereich Wärme (Kapitel 8) behandelt. Die Formeln zur Berechnung der in diesem Kapitel betrachteten Klasse „Haushaltsstrom“ sind in Tab. 23 aufgeführt.

Tab. 23: Zuordnungsschlüssel/ Berechnungsformeln der eigenen Klassifikation

Eigene Klassifikation	EVS2008	EVS2013
Haushaltsstrom	(ef251, wenn ef22≠1) + 0,45 * (ef251, wenn ef22=1)	(EF314, wenn EF23≠1) + 0,45 * (EF314, wenn EF23=1)

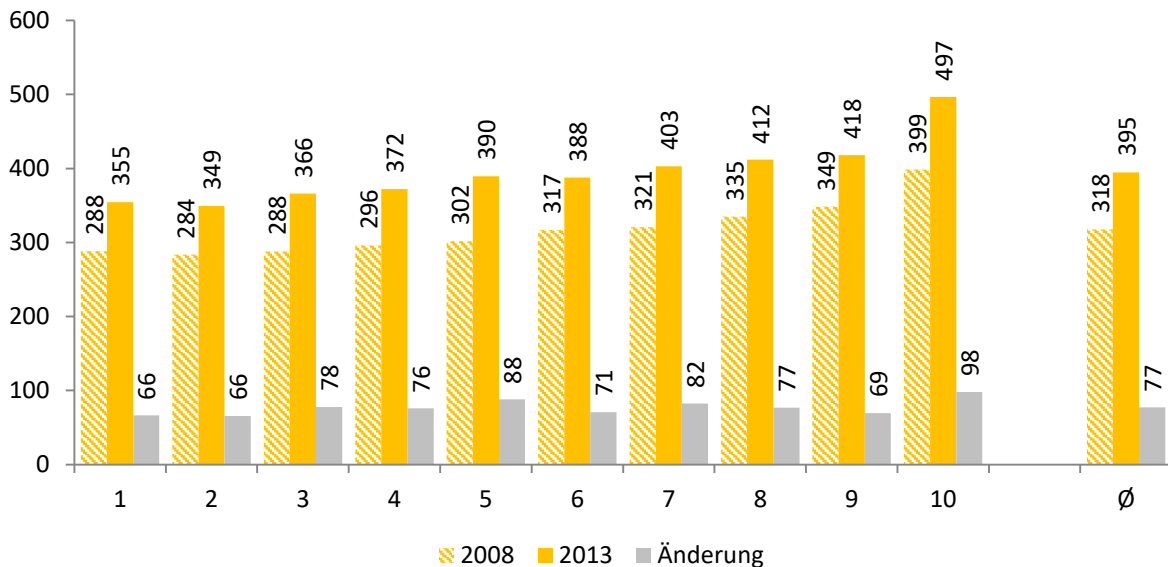
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Zuordnung

### 7.3.2 Ergebnisse

In Schaubild 20 sind die Ausgaben für Haushaltsstrom in den Jahren 2008 und 2013 dargestellt. Die jährlichen Gesamtausgaben für Haushaltsstrom liegen im Jahr 2008 durchschnittlich bei 318 €/P/a. Im ersten Dezil liegen die Ausgaben bei 288 €/P/a. Im zweiten und dritten Dezil liegen sie etwa gleich

hoch. Ab dem vierten Dezil ist ein monoton steigender Verlauf zu beobachten auf schließlich 399 €/P/a im zehnten Dezil. Das sind 38% mehr als das erste Dezil ausgegeben hat. Gerade vom neunten auf das zehnte Dezil ist dabei ein besonders großer Sprung in Höhe von 50 €/P/a zu beobachten.

**Schaubild 20: Haushaltsstromausgaben 2008 und 2013 (€/P/a)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Berechnung

Im Jahr 2013 liegen die jährlichen Gesamtausgaben für Haushaltsstrom pro Person durchschnittlich bei 395 €/P/a. Im ersten Dezil liegen die Ausgaben bei 355 €/P/a. Im zweiten Dezil liegen sie etwas niedriger. Im dritten Dezil steigen sie auf 366 €/P/a an. Vom sechsten bis zehnten Dezil ist ein monoton steigender Verlauf zu beobachten auf schließlich 497 €/P/a im zehnten Dezil. Das sind 40% mehr als das erste Dezil ausgegeben hat. Vom neunten auf das zehnte Dezil ist ein besonders großer Sprung in Höhe von 79 €/P/a zu beobachten.

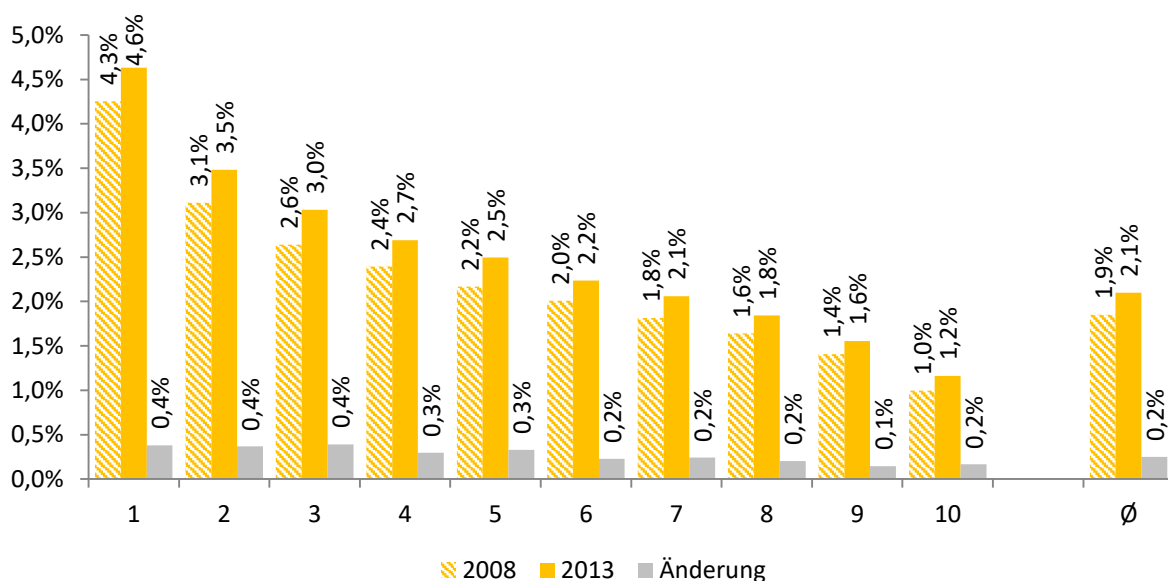
Von 2008 bis 2013 sind die jährlichen Ausgaben für Haushaltsstrom pro Person um durchschnittlich 77 €/P/a gestiegen. Das entspricht einer Steigerung um 24%. Absolut gesehen sind die Ausgaben am stärksten im zehnten Dezil mit 98 €/P/a (25%) gestiegen; relativ gesehen im fünften Dezil mit einer Erhöhung um 29% (88 €/P/a).

Bezieht man die Ausgaben für Haushaltsstrom auf das Nettoeinkommen, so zeigt sich eine eindeutige negative Korrelation zwischen Dezil und Ausgabenanteil. Dargestellt ist dies für die Jahre 2008 und 2013 in Schaubild 21. Im Jahr 2008 gab das erste Dezil 4,3% seines Nettoeinkommens für Haushaltsstrom aus. Der Anteil fällt dann monoton ab bis auf 1,0% im zehnten Dezil. Der Ausgabenanteil im zehnten Dezil beträgt also weniger als ein Viertel des ersten Dezils. Im Durchschnitt beträgt der Ausgabenanteil für Haushaltsstrom im Jahr 2008 1,9%.

Im Jahr 2013 zeigt sich ein ähnliches Bild. Auch hier fällt der Ausgabenanteil streng monoton über die Dezile ab von 4,6% im ersten Dezil bis auf 1,2% im zehnten Dezil. Durchschnittlich wurde im Jahr 2013 2,1% des Haushaltsnettoeinkommens für Haushaltsstrom ausgegeben.

Von 2008 bis 2013 sind die Ausgabenanteile etwas angewachsen. Durchschnittlich beträgt der Zuwachs 0,2 Prozentpunkte, was relativ gesehen einem Anstieg um 13% entspricht. Die größte absolute Steigerung ist dabei mit 0,39 Prozentpunkten im dritten Dezil zu beobachten. Relativ gesehen sind die Ausgaben im zehnten Dezil mit 17% am stärksten gestiegen.

**Schaubild 21: Haushaltsstromausgabenanteile 2008 und 2013 (% an Pro-Kopf-Nettoeinkommen)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Berechnung

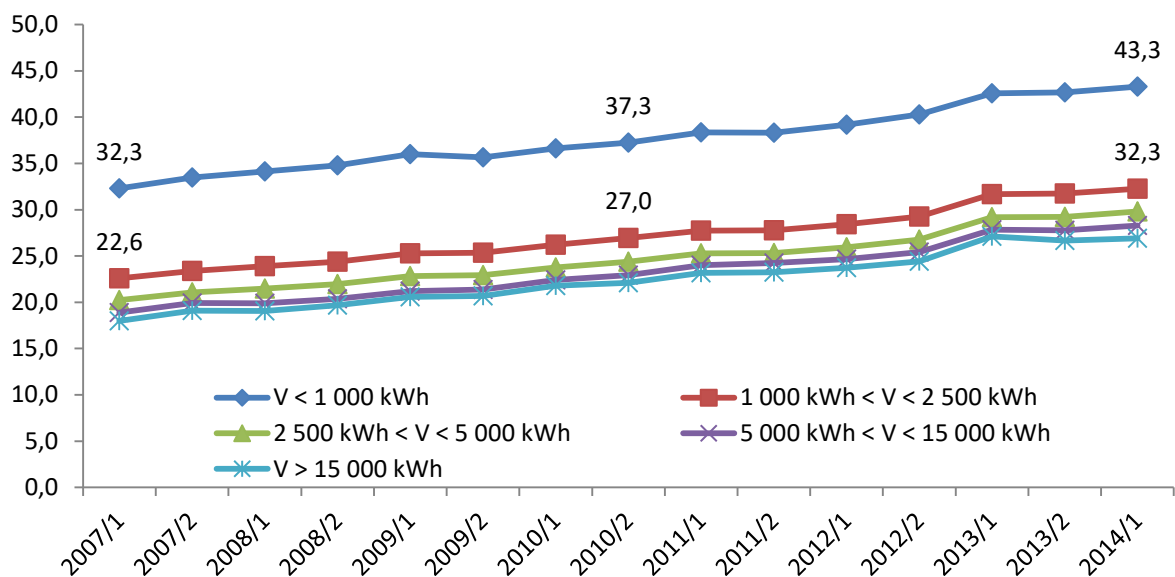
## 7.4 Aufstellung der Preis-Ausgaben-Funktionen (Schritt 4)

Als Quelle dient die Tabelle „Preise Elektrizität für Haushaltabnehmer, ab 2007 - halbjährliche Daten“ (Eurostat 2016b) aus der Datenbank des Statistischen Amtes der Europäischen Union (Eurostat). Zunächst werden Preisfunktionen aufgestellt, bei denen der Preis pro kWh von zwei Variablen abhängig ist: der Menge und dem Zeitpunkt.<sup>73</sup> Bezüglich des Zeitpunkts liegen halbjährliche Daten vor; bei der Abnahmemenge wird zwischen 5 Gruppen unterschieden. Die Strompreisentwicklung von 2008 bis 2014 ist für diese fünf Verbrauchsgruppen in Schaubild 22 abgebildet.

<sup>73</sup> Weitere Einflussfaktoren wie der Ort und der konkrete Stromtarif konnten in Ermangelung entsprechender Daten nicht berücksichtigt werden.



Schaubild 22: Strompreise für Haushaltskunden (Ct/kWh)



Quelle: Eurostat 2016b; eigene Darstellung

In der EVS beträgt der Erhebungszeitraum für jeden Haushalt jeweils ein Quartal. Haushalte, die Angaben im ersten und zweiten Quartal gemacht haben, wurden bei den Strompreisdaten dem ersten Halbjahr zugeordnet; Haushalte, die für Quartal drei und vier Angaben gemacht haben, dem zweiten Halbjahr.

Nun liegen in der EVS allerdings keine verbrauchten Mengen vor, sondern Ausgaben. Deswegen müssen auf Verbrauchsangaben beruhende Preisdaten von Eurostat in Ausgaben umgerechnet werden. Es werden dafür halbjahresspezifische Preis-Ausgaben-Funktionen aufgestellt. Dazu wird zunächst die Annahme getroffen, dass die bei Eurostat angegebenen Preise jeweils für den Mittelwert des Verbrauchsintervalls der jeweiligen Gruppe gelten (siehe Tab. 24).

Tab. 24: Strom – Preise für Verbrauchsmittelwerte

Verbrauchsgruppen	Mittelwert	2008S1	2008S2	2013S1	2013S2
	kWh/a	€/kWh			
DA : Q < 1.000 kWh	500	0,3415	0,3480	0,4257	0,4267
DB : 1.000 kWh < Q < 2.500 kWh	1.750	0,2389	0,2439	0,3169	0,3176
DC : 2.500 kWh < Q < 5.000 kWh	3.750	0,2148	0,2195	0,2919	0,2921
DD : 5.000 kWh < Q < 15.000 kWh	10.000	0,1988	0,2039	0,2783	0,2776
DE : Q > 15.000 kWh	15.000	0,1907	0,1970	0,2712	0,2668

Quelle: Eurostat 2016b; eigene Berechnung

Auf Basis dieser Werte werden die jeweilig dafür aufzubringenden Ausgabenbeträge berechnet, indem die Ausgaben durch den gegebenen Preis geteilt werden (siehe Tab. 25).

Tab. 25: Strom – Halbjahresspezifische Ausgabenbeträge für Verbrauchsmittelwerte

Verbrauchsgruppen	Mittelwert	2008S1	2008S2	2013S1	2013S2
	kWh/Jahr	Euro/Jahr			
DA : Q < 1.000 kWh	500	171	174	213	213
DB : 1.000 kWh < Q < 2.500 kWh	1.750	418	427	555	556
DC : 2.500 kWh < Q < 5.000 kWh	3.750	806	823	1.095	1.095
DD : 5.000 kWh < Q < 15.000 kWh	10.000	1.988	2.039	2.783	2.776
DE : Q > 15.000 kWh	15.000	2.861	2.955	4.068	4.002

Quellen: Eurostat 2016b; eigene Berechnung

Aus diesen Daten wird für beide Halbjahre der Jahre 2008 und 2013 jeweils eine Preis-Ausgaben-Funktion erstellt, die einen linearen Verlauf zwischen den über die Eurostat-Daten errechneten Preis-Ausgaben-Punkten unterstellt. Es gilt folgende Formel:

$$p_t(A) = m * A + b$$

$m$  =: Steigung

$A$  =: Ausgaben

$b$  =: Konstante

$t$  =: 2008/1, 2008/2, 2013/1, 2013/2

Dabei wurde für den Bereich unter 500 kWh (entspricht Ausgaben unter 171 €/a im ersten Halbjahr 2008) dieselbe lineare Änderungsrate wie für den Bereich 500-1.750 kWh unterstellt. Für Verbräuche über 15.000 kWh (entspricht Ausgaben über 2.861 €/a im ersten Halbjahr 2008) wird hingegen angenommen, dass der Preis konstant bleibt. Insgesamt ergeben sich also fünf Ausgabenintervalle für jedes Halbjahr, für die jeweils lineare Preisfunktionen unterstellt werden.

Basierend auf der Annahme einer linearen Steigung wird die Steigung  $m$  berechnet, in dem der Preisabstand ( $\Delta p$ ) und der Ausgabenabstand ( $\Delta A$ ) zwischen einer Verbrauchsgruppe (zum Beispiel DB, siehe Tab. 25) und der darauffolgenden Verbrauchsgruppe (zum Beispiel DC) errechnet werden und dann der Preisabstand durch den Ausgabenabstand geteilt wird.

$$m = \frac{\Delta p}{\Delta A}$$

Die Konstante  $b$  kann nun durch einfache Umformung der Preisausgabenfunktion errechnet werden.

$$b = p(A) - m * A$$

Durch die so aufgestellten Preis-Ausgaben-Funktionen ist jedem Ausgabenbetrag  $A$  ein Preis  $p$  zugeordnet, der zum einen von der Ausgabenhöhe und zum anderen vom Kaufzeitpunkt abhängt, sprich

ob die Ausgaben im ersten oder zweiten Halbjahr getätigt wurden. Eine Übersicht über alle berechneten Variablen (Ausgabenintervall; Steigung  $m$ ; Konstante  $B$ ) der aufgestellten Preis-Ausgaben-Funktionen ist in Tab. 26 dargestellt.

Tab. 26: Strom – Übersicht der Variablen der Preis-Ausgaben-Funktionen Haushaltsstrom

Intervall	2008/1	2008/2	2013/1	2013/2
<b>Ausgabenintervall ; Euro/Jahr</b>				
Intervall 1: 0 bis 1.750 kWh	0-418	0-427	0-555	0-556
Intervall 2: 1.750-3.750 kWh	418-806	427-823	555-1.095	556-1.095
Intervall 3: 3.750-10.000 kWh	806-1.988	823-2.039	1.095-2.783	1.095-2.776
Intervall 4: 10.000-15.000 kWh	1.988-2.861	2.039-2.955	2.783-4.068	2.776-4.002
Intervall 5: > 15.000 kWh	>=2861	>=2955	>=4068	>=4002
<b>Steigung <math>m</math> ; Euro/kWh</b>				
Intervall 1: 0 bis 1.750 kWh	-0,00041484	-0,00041175	-0,00031838	-0,00031859
Intervall 2: 1.750-3.750 kWh	-0,00006221	-0,00006157	-0,00004629	-0,00004726
Intervall 3: 3.750-10.000 kWh	-0,00001353	-0,00001283	-0,00000806	-0,00000863
Intervall 4: 10.000-15.000 kWh	-0,00000928	-0,00000753	-0,00000553	-0,00000881
Intervall 5: > 15.000 kWh	0	0	0	0
<b>Konstante <math>b</math> ; Euro/kWh</b>				
Intervall 1: 0 bis 1.750 kWh	0,4123	0,4196	0,4935	0,4947
Intervall 2: 1.750-3.750 kWh	0,2649	0,2702	0,3426	0,3439
Intervall 3: 3.750-10.000 kWh	0,2257	0,2301	0,3007	0,3016
Intervall 4: 10.000-15.000 kWh	0,2173	0,2193	0,2937	0,3021
Intervall 5: > 15.000 kWh	0,1907	0,1970	0,2712	0,2668

Quelle: Eurostat 2016b; eigene Berechnung

Die entstehende Preis-Ausgaben-Funktion wird im Folgenden beispielhaft für das erste Halbjahr 2008 dargestellt:

$$p_{2008/1}(A) = \begin{cases} (-0.001659355 * A + 0.412333721), & 0 < A < 418 \\ (-0.000248822 * A + 0.264906601), & 418 \leq A < 806 \\ (-0.000054123 * A + 0.225698943), & 806 \leq A < 1988 \\ (-0.000037135 * A + 0.217255931), & 1988 \leq A < 2.861 \\ 0,1907, & A \geq 2.861 \end{cases}$$

Abgebildet sind die verwendeten Preis-Ausgaben-Funktionen für das erste und zweite Halbjahr der Jahre 2008 und 2013 in Schaubild 23. Wie zu sehen ist unterscheiden sich die Preis-Ausgaben-Funktionen zwischen den Halbjahren nur wenig. Der Preis pro kWh liegt im zweiten Halbjahr 2008 etwa 2% über dem des ersten Halbjahres, wobei der Unterschied mit den Ausgaben leicht ansteigt. Beim Vergleich der Strompreise 2008 und 2013 zeigt sich jedoch ein deutlicher Anstieg. Bei einem Verbrauch

von 3.750 kWh/a ist der Preis beispielsweise im Vergleich vom ersten Halbjahr 2008 zum zweiten Halbjahr 2013 um 36% von 21,5 Ct/kWh auf 29,2 Ct/kWh gestiegen. Im ersten Halbjahr 2008 mussten also für 3.750 kWh Strom 806 €/a gezahlt werden, im zweiten Halbjahr 2013 hingegen 1.095 €/a.

**Schaubild 23: Preisfunktionen der Ausgaben für Haushaltsstrom**  
(X: Stromausgaben in €/a; Y: Strompreis in Ct/kWh)

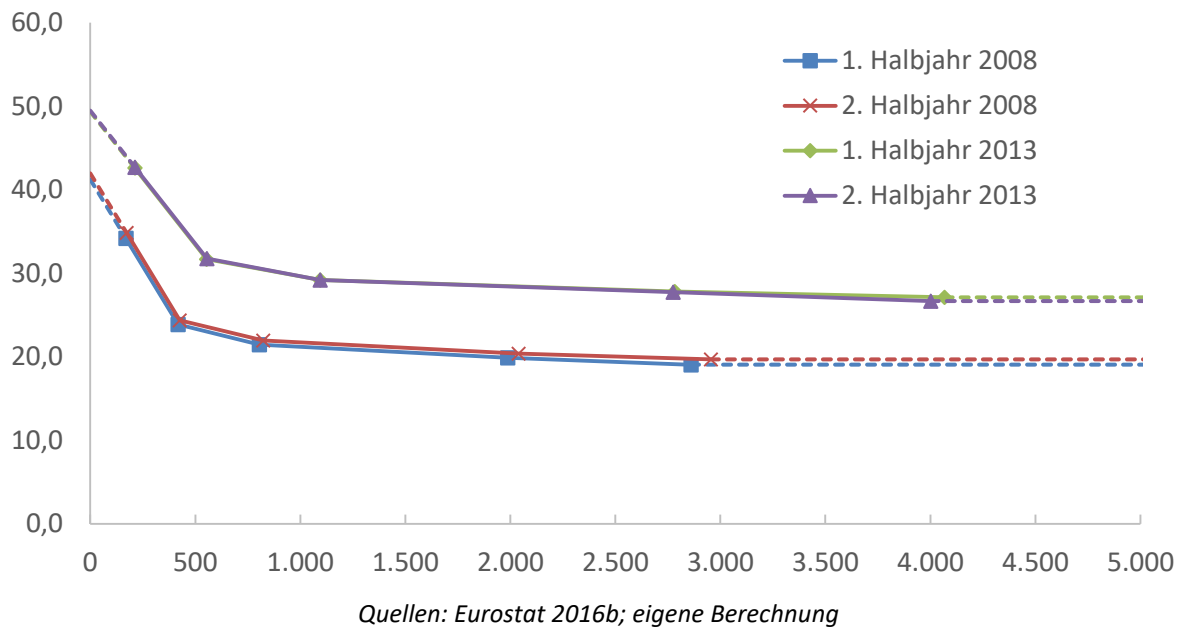
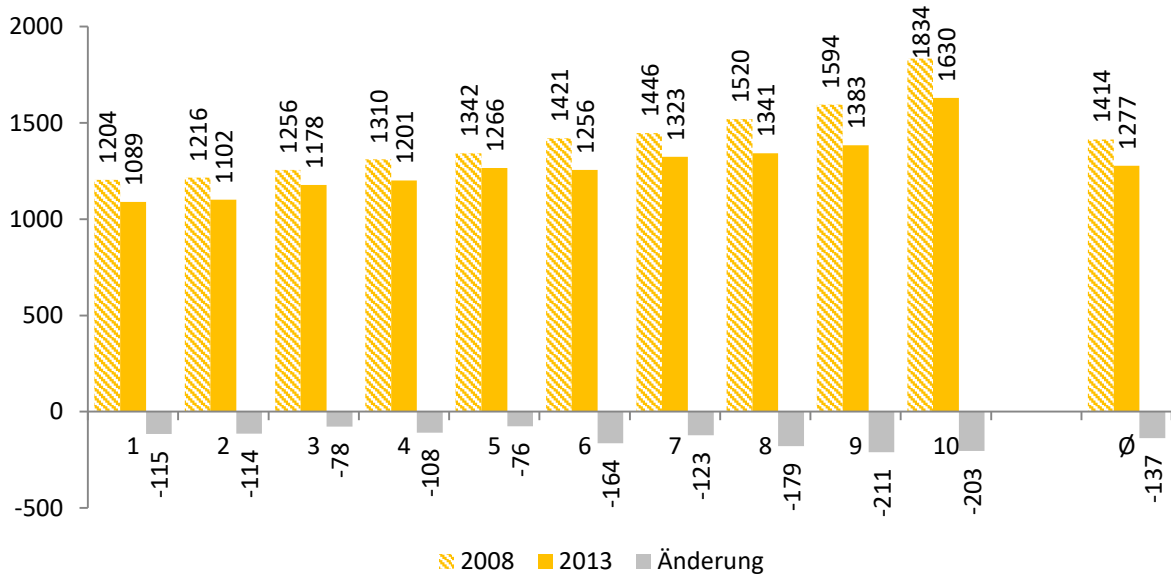


Schaubild 23 zeigt auch, dass der durchschnittliche Haushaltsstrompreis mit steigender Ausgabenhöhe (und damit auch Abnahmemenge) deutlich abnimmt. So liegt er im zweiten Halbjahr 2013 bei jährlichen Ausgaben von 556 Euro bei 31,8 Ct/kWh, bei Ausgaben von 1.095 Euro bei 29,2 Ct/kWh, bei Ausgaben von 2.776 Euro bei 27,8 Ct/kWh und bei Ausgaben von 4.002 Euro bei nur noch 27,1 Ct/kWh. Je höher die Ausgaben beziehungsweise abgenommene Menge, desto geringer der Preis pro kWh. Erklären lässt sich dieser Zusammenhang durch die Stromtarifgestaltung in Deutschland. Die meisten Stromtarife setzen sich aus einer Grundgebühr und einem – meist konstanten – Arbeitspreis pro kWh zusammen. Je höher die verbrauchte Menge ist, desto geringer ist der Prozentanteil der Grundgebühr an den letztendlichen Gesamtkosten pro kWh: der Preis pro kWh fällt folgerichtig mit steigender Abnahmemenge.

## 7.5 Berechnung der Verbräuche (Schritt 5)

Mithilfe der Preise lassen sich aus den Ausgabendaten der EVS die Haushaltsstromverbräuche pro Person und Jahr berechnen. Dazu werden die über die aufgestellten Preis-Ausgaben-Funktionen ermittelten Preise mit den Ausgaben multipliziert.

Schaubild 24: Haushaltsstromverbrauch 2008 und 2013 (kWh/P/a)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; Eurostat 2016b; eigene Berechnung

Die Ergebnisse sind in Schaubild 24 abgetragen. Im Jahr 2008 steigt der Verbrauch von 1.204 kWh/P/a im ersten Dezil streng monoton bis auf 1.834 kWh/P/a im zehnten Dezil an. Im zehnten Dezil wird also im Vergleich zum ersten Dezil pro Person 52% mehr Haushaltsstrom verbraucht. Der größte Sprung (absolut und prozentual) von 239 kWh/P/a (+15%) ist vom neunten auf das zehnte Dezil zu beobachten. Durchschnittlich wurden im Jahr 2008 1.414 kWh/P/a Haushaltsstrom verbraucht.

Wie im Jahr 2008 steigen auch im Jahr 2013 die Verbräuche streng monoton an über die Dezile von 1.089 kWh/P/a im ersten Dezil bis auf 1.630 kWh/P/a im zehnten Dezil. Im Durchschnitt beträgt der Verbrauch im Jahr 2013 1.277 kWh/P/a. Dabei ist wiederum der mit Abstand größte Sprung zwischen dem neunten und zehnten Dezil zu beobachten. Hier steigt der Verbrauch um 247 kWh/P/a (18%) an. Im zehnten Dezil wird im Vergleich zum ersten Dezil durchschnittlich das 1,5-fache an Haushaltsstrom verbraucht.

Beim Vergleich der Verbräuche von 2008 und 2013 zeigt sich, dass der Verbrauch spürbar gefallen ist. Durchschnittlich ist er um 137 kWh/P/a zurückgegangen, was einem Rückgang um 10% entspricht. Absolut gesehen am stärksten gefallen ist der Verbrauch im neunten Dezil um 211 kWh/P/a (-13%) und am wenigsten im fünften Dezil mit 76 kWh/P/a (-6%). Relativ gesehen lag das Ausmaß des Rückgangs in einem Korridor von 6% (fünftes Dezil) bis 13% (neuntes Dezil).

## 7.6 Berechnung der Emissionen (Schritt 6)

### 7.6.1 Emissionsfaktoren

Als Datenquelle für die Emissionsfaktoren wird die GEMIS-Datenbank Version 4.94 verwendet (IINAS 2015). In dieser liegen Emissionsfaktoren für den deutschen Strom-Mix für die Jahre 2005, 2010, 2011, 2012 und 2013 vor, die als Systemgrenzen den gesamten Lebenszyklus inklusive Transporte und Materialvorleistungen aufweisen (GEMIS-Prozessname: Netz-el-DE-lokal-HH/KV-20XX). Allerdings werden bei der Entsorgung auftretende Emissionen nicht berücksichtigt. Um Daten für 2008 und 2009 zu erhalten, wurde basierend auf den Werten von 2005 und 2010 eine lineare Interpolation vorgenommen. In Tab. 27 sind die aus GEMIS entnommenen Emissionsfaktoren pro kWh Strom abgebildet.

Die CO<sub>2</sub>e-Emissionen gingen zunächst von 2005 bis 2010 um 5% (30 g/kWh) zurück. Ausgelöst wird dieser Rückgang hauptsächlich durch den Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien. So stieg von 2005 bis 2010 beispielsweise der in der GEMIS-Datenbank für die Berechnung der Emissionsfaktoren des deutschen Strommix angesetzte Anteil der Windenergie von 4,4% auf 6,1% und der der Solarenergie von 0,2% auf 1,9% (IINAS 2015). Von 2010 bis 2013 steigen die CO<sub>2</sub>-Äquivalente jedoch wieder um 2% (11 g CO<sub>2</sub>e/kWh) auf 619 g CO<sub>2</sub>e/kWh an. Hauptgrund dafür ist der Rückgang der CO<sub>2</sub>-emissionsarmen Atomenergie. Deren Anteil fiel von 22,7% auf 15,5%. Kompensiert wurde dies teilweise durch ebenfalls CO<sub>2</sub>-emissionsarme erneuerbare Energien, teilweise aber auch durch sehr CO<sub>2</sub>-emissionsintensive Braunkohle. So stieg der Anteil der Braunkohle an der Stromerzeugung laut der GEMIS-Prozessdaten von 2010 bis 2013 von 23,4% auf 25,8% an. Beim Vergleich von 2008 und 2013 zeigt sich ein beinahe identischer CO<sub>2</sub>e-Emissionsfaktor von 618 g CO<sub>2</sub>e/kWh im Jahr 2008 und 619 g CO<sub>2</sub>e/kWh im Jahr 2013.

Bei den Luftschadstoffen zeigt sich beim Vergleich der Werte von 2008 und 2013 bei SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> ein leichter Anstieg von 2% beziehungsweise 3%, bei PM<sub>10</sub> ein Anstieg um 14% und bei NMVOC ein Rückgang um 1%. Ein deutlicher Anstieg zeigt sich bei den NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren. Diese steigen um 192% an. Erklärt werden kann diese Erhöhung mit dem Anstieg des Anteils der Biogas-Anlagen an der Stromproduktion. Dieser vergrößerte sich laut den Prozessdaten der GEMIS-Datenbank von 0,7% im Jahr 2005 auf 4,4% im Jahr 2013. Da Biogas-Anlagen deutlich überdurchschnittliche NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren aufweisen (so beträgt beispielsweise der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor des GEMIS-Prozesses „Biogas-Mais-OLUC-BHKW-500 kW 2010/brutto“ etwa das 500-fache des GEMIS-Prozesses „Gas-KW-GuD-DE-2005“), führt der Anstieg des Anteils der Biogas-Anlagen an der Stromproduktion zu dem um 192% erhöhten NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor des deutschen Strommixes.

Tab. 27: Emissionsfaktoren deutscher Strom-Mix (mit Atomenergie) (g/kWh)

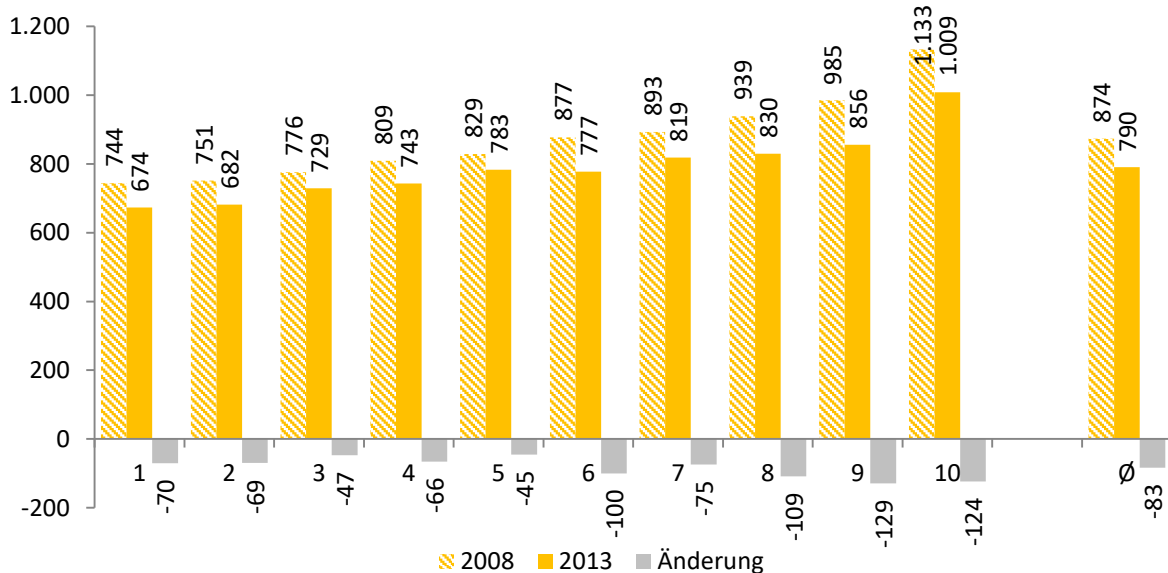
Schadstoff	2005	2008*	2009*	2010	2011	2012	2013
<b>Treibhausgase (g/kWh)</b>							
CO <sub>2</sub>	6,02E+02	5,86E+02	5,81E+02	5,75E+02	5,84E+02	5,89E+02	5,87E+02
CH <sub>4</sub>	9,09E-01	7,90E-01	7,50E-01	7,10E-01	7,43E-01	7,07E-01	6,78E-01
N <sub>2</sub> O	2,17E-02	2,88E-02	3,11E-02	3,35E-02	3,92E-02	4,04E-02	4,31E-02
Perfluormethan	1,90E-05	2,45E-05	2,64E-05	2,82E-05	3,35E-05	3,73E-05	3,95E-05
Perfluoraethan	2,39E-06	3,09E-06	3,33E-06	3,56E-06	4,23E-06	4,71E-06	4,98E-06
CO <sub>2</sub> e	6,35E+02	6,18E+02	6,12E+02	6,06E+02	6,17E+02	6,21E+02	6,19E+02
<b>Luftschadstoffe (g/kWh)</b>							
SO <sub>2</sub>	3,44E-01	3,39E-01	3,37E-01	3,35E-01	3,36E-01	3,44E-01	3,44E-01
NO <sub>x</sub>	5,49E-01	5,59E-01	5,62E-01	5,65E-01	5,75E-01	5,76E-01	5,73E-01
PM <sub>10</sub>	3,40E-02	3,59E-02	3,65E-02	3,72E-02	3,76E-02	3,89E-02	4,10E-02
NM VOC	2,27E-02	2,63E-02	2,75E-02	2,87E-02	2,53E-02	2,72E-02	2,62E-02
NH <sub>3</sub>	2,63E-03	4,11E-02	5,39E-02	6,67E-02	1,03E-01	1,06E-01	1,20E-01

\* Werte linear interpoliert basierend auf den Werten von 2005 und 2010

Quelle: IINAS 2015; eigene Darstellung

## 7.6.2 Ergebnisse

Im Folgenden wird auf die einzelnen Schadstoffemissionen eingegangen. Da über alle Dezile die gleichen Emissionsfaktoren verwendet werden, entsprechen die Emissionsunterschiede zwischen den Dezilen den Unterschieden beim Haushaltsstromverbrauch (siehe Kapitel 7.5).

Schaubild 25: THG-Emissionen durch Haushaltsstromverbrauch 2008 und 2013 (kg CO<sub>2</sub>e/P/a)

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; Eurostat 2016b; IINAS 2015; eigene Berechnung

Durchschnittlich wurden 874 kg CO<sub>2</sub>e/P/a pro Kopf und Jahr im Jahr 2008 durch den Haushaltsstromverbrauch ausgestoßen. Der Wert steigt streng monoton von 744 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im ersten Dezil bis auf

1.133 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im zehnten Dezil an. Damit emittierte das zehnte Dezil 1,5-mal so viele THG wie das erste Dezil.

Im Jahr 2013 liegen die THG-Emissionen mit 790 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im Durchschnitt um 10% (-83 kg) niedriger als im Jahr 2008. Der Wert steigt von 674 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im ersten Dezil streng monoton an auf 1.009 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im zehnten Dezil. Damit emittierte das zehnte Dezil wie im Jahr 2008 1,5-mal so viele THG wie das erste Dezil.

Eine Übersicht über alle anderen berechneten Emissionen ist in Tab. 28 aufgeführt. Deutliche Änderungen von 2008 bis 2013 gab es insbesondere bei den NH<sub>3</sub>-Emissionen, die um durchschnittlich 164% anstiegen. Verantwortlich ist dafür der bereits in Kapitel 7.6.1 erläuterte Anstieg des Anteils der Biogas-Anlagen am Strommix und die damit einhergehende Erhöhung des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors des deutschen Strommixes um 192%.



Tab. 28: Emissionen durch Haushaltsstromverbrauch (mit Atomenergie)

Dezile	CO <sub>2</sub> e	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	NMVOC	NH <sub>3</sub>
	kg/P/a	g/P/a	g/P/a	g/P/a	g/P/a	g/P/a
<b>2008</b>						
<b>1</b>	706	408	673	43	32	49
<b>2</b>	713	412	679	44	32	50
<b>3</b>	736	425	702	45	33	52
<b>4</b>	768	444	732	47	34	54
<b>5</b>	786	454	750	48	35	55
<b>6</b>	833	481	794	51	37	58
<b>7</b>	848	490	808	52	38	59
<b>8</b>	891	515	849	55	40	62
<b>9</b>	935	540	891	57	42	65
<b>10</b>	1.075	621	1.024	66	48	75
<b>Ø</b>	829	479	790	51	37	58
<b>2013</b>						
<b>1</b>	639	375	624	45	28	130
<b>2</b>	646	379	631	45	29	132
<b>3</b>	691	405	675	48	31	141
<b>4</b>	705	413	688	49	31	144
<b>5</b>	743	436	725	52	33	152
<b>6</b>	737	432	720	51	33	151
<b>7</b>	776	455	758	54	35	159
<b>8</b>	787	461	768	55	35	161
<b>9</b>	812	476	792	57	36	166
<b>10</b>	956	561	934	67	43	195
<b>Ø</b>	749	439	731	52	33	153
<b>Änderung (2013-2008)</b>						
<b>1</b>	-10%	-8%	-7%	3%	-10%	164%
<b>2</b>	-9%	-8%	-7%	3%	-10%	164%
<b>3</b>	-6%	-5%	-4%	7%	-7%	174%
<b>4</b>	-8%	-7%	-6%	5%	-9%	168%
<b>5</b>	-6%	-4%	-3%	8%	-6%	175%
<b>6</b>	-11%	-10%	-9%	1%	-12%	158%
<b>7</b>	-8%	-7%	-6%	4%	-9%	167%
<b>8</b>	-12%	-10%	-10%	1%	-12%	158%
<b>9</b>	-13%	-12%	-11%	-1%	-14%	153%
<b>10</b>	-11%	-10%	-9%	2%	-12%	160%
<b>Ø</b>	-10%	-8%	-7%	3%	-10%	164%

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; Eurostat 2016b; IINAS 2015; eigene Berechnung

## 7.7 Berechnung der externen Kosten (Schritt 7)

### 7.7.1 Kostensätze pro kWh

Zur Berechnung der Kostensätze pro verbrauchter kWh werden die in Kapitel 6.5.5 vorgestellten Kostensätze eingesetzt. Allerdings gilt es zu klären, wie die externen Kosten der Atomenergie berücksichtigt werden. Deren externe Kosten ergeben sich nicht maßgeblich aus den verursachten Treibhausgasen und Luftschadstoffen, sondern aus den Kosten für die Endlagerung und die eigentlich notwendigen Versicherungskosten gegen einen atomaren Unfall (vgl. UBA 2013: 27-29). Deswegen wird bei der Atomenergie bei der Berechnung der externen Kosten anders vorgegangen als bei den anderen Energieträgern. Es wird der Empfehlung der Methodenkonvention 2.0 des UBA gefolgt. „Danach sollten für die Bewertung der Emissionen aus der Kernenergie die Emissionsfaktoren der Technologie mit den höchsten Umweltkosten, in diesem Fall also Braunkohle, verwendet werden“ (Schwermer et al. 2014: 30). Dieser liegt in Preisen des Jahres 2010 bei 10,75 Ct/kWh (Schwermer et al. 2014: 29). Der Anteil der Kernenergie an der Stromerzeugung beruht auf Daten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB 2016c). Über diese Anteile und den genannten Kostensatz werden die externen Kosten der Kernenergie hinzu geschätzt. Dargestellt sind der Anteil der Atomenergie an der Stromerzeugung und der Kostensatz für Braunkohle in Tab. 29, wobei der Kostensatz für Braunkohle mit dem Verbraucherpreisindex (Statistisches Bundesamt 2017b) preisbereinigt wurde.

**Tab. 29: Berechnung des Kostensatzes für Atomenergie**

	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Anteil Kernenergie an Stromerzeugung (%)</b>	26,2	23,2	22,6	22,2	17,6	15,8	15,2
<b>Braunkohle-Kostensatz (Ct/kWh)</b>	9,94	10,60	10,63	10,75	10,98	11,19	11,36

*Quellen: AGEB 2016c; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung*

Da jedoch in den zuvor vorgestellten Umweltwirkungen die Luftschadstoffe und Treibhausgase der Atomenergie inkludiert waren, müssen zur Berechnung der externen Kosten exklusive der Atomenergie zunächst die Umweltwirkungen des deutschen Strom-Mixes exklusive der Atomenergie berechnet werden. Diese wurden berechnet, indem innerhalb der GEMIS-Datenbank der Anteil der Atomkraft am Strom-Mix auf Null gesetzt wurde. Die so entstehenden Emissionsfaktoren für den Strom-Mix in Deutschland (ohne Atom) sind in Tab. 30 aufgeführt. Anders als bei den Emissionsfaktoren mit Atomenergie (siehe Tab. 27) zeigt sich bei den CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ein deutlicher Rückgang. So liegen diese im Jahr 2008 bei 800 g CO<sub>2</sub>e/kWh und fallen bis zum Jahr 2013 auf 721 g CO<sub>2</sub>e/kWh um 10%. Bei den Luftschadstoffen zeigt sich beim Vergleich der Werte von 2008 und 2013 bei SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> ein leichter Rückgang um 6%, bei PM<sub>10</sub> ein Anstieg um 13% und bei NMVOC ein Rückgang um 9%. Wie bei den

Emissionsfaktoren mit Atomstrom zeigt sich auch hier ein deutlicher Anstieg bei den  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren, die diesmal um 169% anstiegen. Die Emissionsfaktoren ohne Atomenergie werden allein für die Berechnung der externen Kostensätze eingesetzt.

**Tab. 30: Emissionsfaktoren deutscher Strom-Mix (ohne Atomenergie)**

Schadstoff	2005	2008*	2009*	2010	2011	2012	2013
<b>Treibhausgase (g/kWh)</b>							
<b>CO<sub>2</sub></b>	8,05E+02	7,59E+02	7,44E+02	7,28E+02	6,98E+02	6,90E+02	6,84E+02
<b>CH<sub>4</sub></b>	1,21E+00	1,02E+00	9,61E-01	8,97E-01	8,88E-01	8,27E-01	7,89E-01
<b>N<sub>2</sub>O</b>	2,90E-02	3,72E-02	3,99E-02	4,26E-02	4,72E-02	4,76E-02	5,06E-02
<b>Perfluormethan</b>	1,96E-05	2,65E-05	2,88E-05	3,11E-05	3,68E-05	4,09E-05	4,34E-05
<b>Perfluoraethan</b>	2,46E-06	3,34E-06	3,63E-06	3,93E-06	4,65E-06	5,16E-06	5,48E-06
<b>CO<sub>2</sub>e</b>	8,50E+02	8,00E+02	7,83E+02	7,67E+02	7,38E+02	7,28E+02	7,21E+02
<b>Luftschadstoffe (g/kWh)</b>							
<b>SO<sub>2</sub></b>	4,29E-01	4,22E-01	4,20E-01	4,18E-01	3,97E-01	3,99E-01	3,98E-01
<b>NO<sub>x</sub></b>	6,97E-01	6,94E-01	6,93E-01	6,92E-01	6,70E-01	6,60E-01	6,53E-01
<b>PM<sub>10</sub></b>	3,59E-02	4,01E-02	4,15E-02	4,29E-02	4,19E-02	4,29E-02	4,53E-02
<b>NM VOC</b>	2,92E-02	3,32E-02	3,45E-02	3,58E-02	2,98E-02	3,15E-02	3,02E-02
<b>NH<sub>3</sub></b>	3,55E-03	5,24E-02	6,87E-02	8,50E-02	1,24E-01	1,25E-01	1,41E-01

\* Werte linear interpoliert basierend auf den Werten von 2005 und 2010

Quellen: IINAS 2015; AGEb 2016c; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

Wendet man die in Tab. 19 dargestellten Kostensätze auf die Tab. 30 dargestellten Emissionen des Strom-Mixes ohne Atomenergie an, so erhält man die Kostensätze für eine kWh Strom ohne Atomenergie. Dargestellt sind diese in Tab. 31. Der Kostensatz des Strom-Mixes ohne Kernenergie liegt im Jahr 2008 aggregiert über alle betrachteten Schadstoffe betrachtet bei 8,21 Ct/kWh und im Jahr 2013 bei 8,31 Ct/kWh. Bezieht man die Atomenergie mittels des Braunkohle-Kostensatzes mit ein (siehe Tab. 29), so erhöht sich der Kostensatz. Inklusiv der Kernenergie liegt der Kostensatz im Jahr 2008 bei 8,47 Ct/kWh und im Jahr 2013 bei 8,78 Ct/kWh.

Den größten Anteil an den berechneten externen Kostensätzen machen mit Abstand die THG aus. So liegt der Anteil der CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei 71% im Jahr 2008 und 70% im Jahr 2013. Im Jahr 2013 folgen NO<sub>x</sub> mit 12%, SO<sub>2</sub> mit 6%, Atomenergie und NH<sub>3</sub> mit 5%, PM<sub>10</sub> mit 2% und NMVOC mit 0,1%. Zugenommen hat dabei vor allem der Anteil von NH<sub>3</sub>. Dessen Anteil am Kostensatz stieg von 3% auf 5%.

Tab. 31: Externe Kostensätze Strom-Mix Deutschland (Ct/kWh)

Schadstoff	2005	2008*	2009*	2010	2011	2012	2013
CO <sub>2e</sub>	6,29	6,31	6,20	6,13	6,02	6,06	6,10
SO <sub>2</sub>	0,52	0,55	0,55	0,55	0,54	0,55	0,55
NO <sub>x</sub>	0,99	1,05	1,05	1,06	1,05	1,06	1,06
PM <sub>10</sub>	0,13	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19
NM VOC	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
NH <sub>3</sub>	0,01	0,14	0,18	0,23	0,34	0,35	0,40
<b>Summe (ohne Atomenergie)</b>	<b>7,95</b>	<b>8,21</b>	<b>8,15</b>	<b>8,15</b>	<b>8,13</b>	<b>8,20</b>	<b>8,31</b>
<b>Kostensatz für Atomenergie</b>	<b>9,94</b>	<b>10,60</b>	<b>10,60</b>	<b>10,75</b>	<b>10,98</b>	<b>11,19</b>	<b>11,36</b>
<b>zusätzl. durch Atomenergie</b>	<b>0,52</b>	<b>0,55</b>	<b>0,56</b>	<b>0,58</b>	<b>0,50</b>	<b>0,47</b>	<b>0,46</b>
<b>Summe (mit Atomenergie)</b>	<b>8,47</b>	<b>8,77</b>	<b>8,71</b>	<b>8,73</b>	<b>8,63</b>	<b>8,67</b>	<b>8,78</b>

\* Werte linear interpoliert basierend auf den Werten von 2005 und 2010

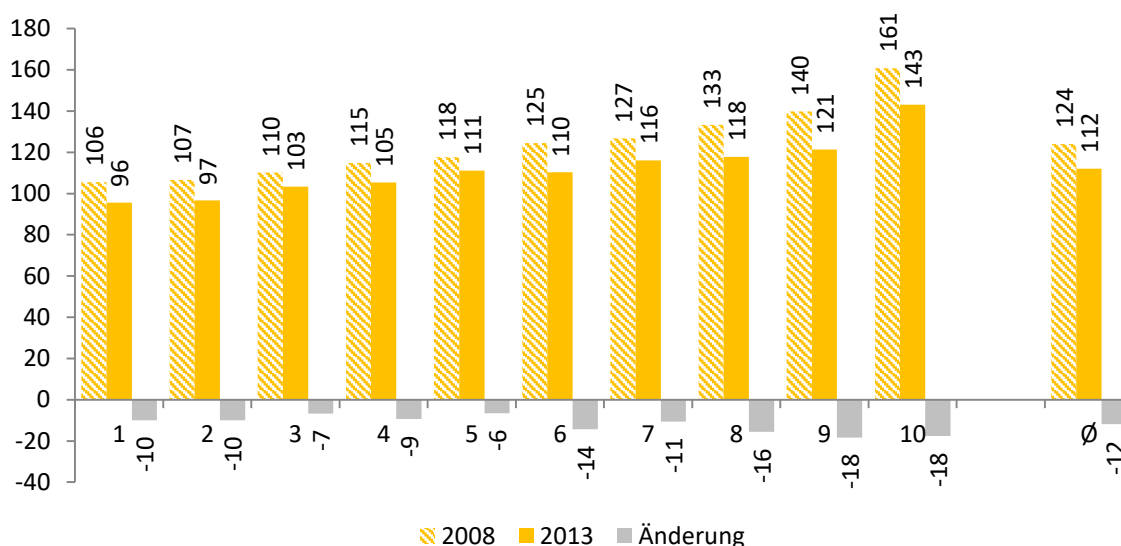
Quellen: IINAS 2015; AGEb 2016c; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

### 7.7.2 Ergebnisse

Mithilfeder Kostensätze pro kWh können nun die durch die Haushaltsstromverbräuche verursachten externen Kosten berechnet werden (siehe Schaubild 26). Im Durchschnitt liegen sie im Jahr 2008 bei 124 €/P/a, wobei sie streng monoton über die Dezile von 106 €/P/a im ersten Dezil auf 161 €/P/a im zehnten Dezil ansteigen. Damit betragen sie im zehnten Dezil das 1,5-fache des ersten Dezils.

Im Jahr 2013 liegen sie im Durchschnitt um 12 Euro (-10%) niedriger bei 138 €/P/a und steigen ebenfalls streng monoton über die Dezile von 96 €/P/a im ersten Dezil bis auf 143 €/P/a im zehnten Dezil an. Wie im Jahr 2008 betragen sie damit im zehnten Dezil auch im Jahr 2013 das 1,5-fache des ersten Dezils. Prozentual gesehen am stärksten ist der Rückgang im neunten Dezil mit 13% (-18 Euro).

Schaubild 26: Externe Kosten des Haushaltsstromverbrauchs (€/P/a)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; Eurostat 2016b; IINAS 2015; AGEb 2016c; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

## 7.8 Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung (Schritt 8)

### 7.8.1 Bestehende Internalisierung

#### 7.8.1.1 Stromsteuer

Das Stromsteuergesetz (kurz: StromStG) wurde am 01. April 1999 im Zuge des „Gesetz zum Einstieg in die ökologische Steuerreform“ eingeführt (Deutscher Bundestag 01.01.2018b). Der Steuersatz liegt seit dem Jahr 2003 bei 20,50 Euro für eine Megawattstunde (€/MWh), oder 2,05 Ct/kWh (StromStG, §3 Steuertarif). Es handelt sich um eine Mengensteuer. Das bedeutet, dass sie durch Inflation relativ gesehen an Bedeutung verliert, da sie nicht entsprechend der zugrunde liegenden Preise (in diesem Fall des Strompreises) mit ansteigt. Da die Betrachtungen hier in jeweiligen Preisen vorgenommen werden, bleibt die Stromsteuer konstant bei 2,05 Ct/kWh. An Wert verliert sie aber insofern, als dass die Kostensätze an das Preisniveau angepasst sind, bei Inflation also ansteigen.

Tab. 32: Internalisierungswirkung der Stromsteuer

Variable	Internalisierung in Ct/kWh						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Internalisierungswirkung Stromsteuer	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05

Quellen: Deutscher Bundestag 01.01.2018b; eigene Darstellung

### 7.8.1.2 Kernbrennstoffsteuer<sup>74</sup>

Das Kernbrennstoffsteuergesetz (KernbrStG) trat am 1. Januar 2011 in Kraft (Deutscher Bundestag 08.09.2015a). Darin wird festgelegt, dass pro Gramm Plutonium 239, Plutonium 241, Uran 233 oder Uran 235 ein Steuersatz von 145 Euro gezahlt werden muss (KernbrStG, §3 Steuertarif). Das Aufkommen der Steuer wird Daten des Bundesfinanzministeriums entnommen (BMF 2015b; BMF 2017b). Im Jahr 2013 lag es beispielsweise bei 1.285 Millionen Euro. Es wird davon ausgegangen, dass diese Kosten auf alle Endverbraucher umgelegt werden. Um den Betrag pro kWh Strom berechnen zu können, wird das jährliche Steueraufkommen durch den jährlichen Strom-Endenergieverbrauch (AGEB 2016b: Tabelle 6.1) geteilt.

**Tab. 33: Internalisierungswirkung der Kernbrennstoffsteuer**

Variable	Einheit	2011	2012	2013	2014
Steueraufkommen	Mio Euro	922	1.577	1.285	708
Endenergieverbrauch Strom	TWh	521	523	523	513
<b>Steuer pro kWh EEV</b>	Ct/kWh	0,18	0,30	0,25	0,14

Quellen: Deutscher Bundestag 08.09.2015a; BMF 2015b; BMF 2017b; AGEB 2016b; eigene Berechnung

### 7.8.1.3 Emissionshandel ETS

Das Europäische Emissionshandelssystem (EU-ETS) wurde am 01.01.2005 für Anlagen der Energiewirtschaft und der emissionsintensiven Industrie eingeführt.<sup>75</sup> Als Internalisierung der externen Kosten des Stromverbrauchs kann der EU-ETS gelten, weil die (Opportunitäts-)Kosten der Emissionszertifikate auf den Endverbraucherpreis umgelegt werden und diesen damit, basierend auf dessen CO<sub>2</sub>-Emissionen, erhöhen. Dabei ist es zumindest für die Steuerungswirkung theoretisch unerheblich, ob die Zertifikate kostenlos zugeteilt oder versteigert werden (vgl. Ecologic 2005: 12f). Deswegen werden die Internalisierungswirkungen des ETS hier für alle Jahre vollständig angerechnet, unabhängig davon, ob sie kostenlos zugeteilt oder versteigert und damit von den Emittenten erworben werden mussten.

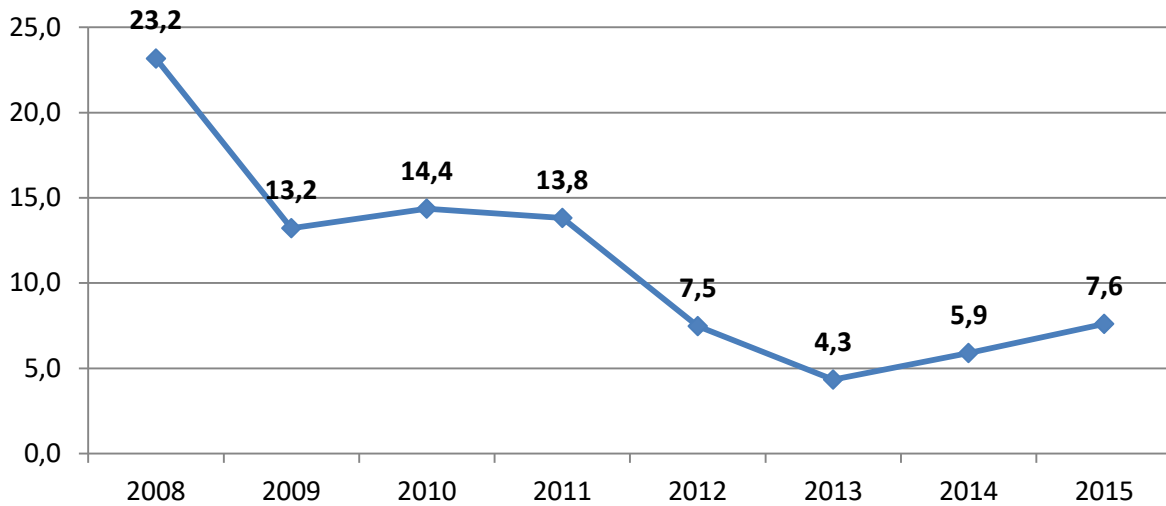
Als Quelle für die durchschnittlichen Preise eines Emissionszertifikats über eine Tonne CO<sub>2</sub> wird auf Daten der Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) zurückgegriffen (DEHSt 2014a; DEHSt 2014b; DEHSt 2015; DEHSt 2016a). Die Kosten einer Tonne CO<sub>2</sub> waren über die Jahre starken Schwankungen unterworfen und wiesen insgesamt einen deutlich fallenden Trend auf: Betrugten sie im Jahr 2008 noch

<sup>74</sup> Das Bundesverfassungsgericht urteilte am 13.04.2017, dass das Kernbrennstoffsteuergesetz mit dem Grundgesetz unvereinbar und nichtig sei, weil es keine Verbrauchssteuer darstelle und deswegen außerhalb der Gesetzgebungskompetenz des Bundes liege (Bundesverfassungsgericht 07.06.2017). Deswegen müssen die bereits gezahlten Steuern an die Energiekonzerne rückerstattet werden. Bei den Berechnungen in dieser Arbeit konnte dies leider nicht mehr berücksichtigt werden, da das Urteil erst nach den bereits abgeschlossenen Berechnungen veröffentlicht wurde. Die bereits bestehende Internalisierung wird also um den Betrag der Kernbrennstoffsteuer über- und damit die Internalisierungslücke entsprechend unterschätzt.

<sup>75</sup> Weitere Informationen zum Beispiel unter [www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/der-europaeische-emissionshandel](http://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/der-europaeische-emissionshandel); Zugriff: 18.08.2017.

durchschnittlich 23,2 €/t CO<sub>2</sub>, so lagen sie im Jahr 2013 bei 4,3 €/t CO<sub>2</sub>. Danach stiegen sie wieder leicht an auf 7,6 €/t CO<sub>2</sub> im Jahr 2015.

**Schaubild 27: Zertifikatspreise des Emissionshandel EU-ETS (€/t CO<sub>2</sub>)**



Quellen: DEHSt 2014a; DEHSt 2014b; DEHSt 2015; DEHSt 2016a; eigene Darstellung

Kombiniert man den Zertifikatspreis pro Tonne CO<sub>2</sub> mit dem Emissionsfaktor des Strom-Mixes des jeweiligen Jahres, so erhält man die Internalisierungswirkung pro kWh Strom. Diese sind in Tab. 34 dargestellt. Aufgrund des Preisverfalls der Zertifikate ist die Internalisierungswirkung von 1,43 Ct/kWh im Jahr 2008 auf 0,268 Ct/kWh im Jahr 2013 zurückgegangen.

**Tab. 34: Internalisierungswirkung des Emissionshandels EU-ETS im Strombereich**

Variable	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CO <sub>2</sub> e Strom-Mix	g/kWh	618	612	606	617	621	619
Preis pro Tonne CO <sub>2</sub>	€/t CO <sub>2</sub>	23,16	13,22	14,36	13,81	7,47	4,33
<b>Kosten pro kWh Strom-Mix</b>	<b>Ct/kWh</b>	<b>1,431</b>	<b>0,809</b>	<b>0,870</b>	<b>0,852</b>	<b>0,464</b>	<b>0,268</b>

Quellen: IINAS 2015; DEHSt 2014a; DEHSt 2014b; DEHSt 2015; DEHSt 2016a; eigene Berechnung

#### 7.8.1.4 Förderabgaben

Nach dem Bundesberggesetz (§31 BBergG) muss für bergfreie Bodenschätze in Deutschland eine Förderabgabe entrichtet werden (Deutscher Bundestag 29.07.2017a). Empfohlen wird eine Abgabe in Höhe von 10% des Marktpreises. Allerdings ist es den Bundesländern, denen die Steuerhoheit zufällt, freigestellt den genauen Satz festzulegen. So lag der Fördersatz für Erdgas beispielsweise in Niedersachsen im Jahr 2014 mit 36% deutlich höher, während er in Rheinland-Pfalz auf 0% festgesetzt wurde (WEG 2015: 59). Braun- und Steinkohle sind zudem laut „altem Recht“ (§149ff BBergG) von der Abgabepflicht befreit. In relevantem Umfang ist – bezogen auf die Stromenergieerzeugung – in Deutschland allein der Energieträger Erdgas von einer Förderabgabe betroffen. Die insgesamt entrichtete Summe

der Förderabgabe für Erdgas wurde den Jahresberichten des Wirtschaftsverbands Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V. (WEG) entnommen (WEG 2011; WEG 2012; WEG 2013; WEG 2014; WEG 2015).

Nun wird Erdgas aber zum allergrößten Teil nicht in der Stromerzeugung, sondern hauptsächlich zur Wärmeerzeugung eingesetzt (siehe Kapitel 8.8.1.3). Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird der Anteil des zur Stromerzeugung eingesetzten Erdgases mittels Daten der AG Energiebilanzen (AGEB 2016b: Tabellen 2.1 und 4.1) berechnet und dieser Anteil mit den gezahlten Förderabgaben multipliziert. Der so berechnete Stromanteil der Erdgas-Förderabgaben wird durch den gesamten deutschen Strom-Endenergieverbrauch (AGEB 2016b: Tabellen 6.1) geteilt, um so die Internalisierungswirkung pro kWh Strom zu bestimmen. Im Jahr 2008 liegt diese bei 0,04 Ct/kWh und im Jahr 2013 bei 0,02 Ct/kWh (siehe Tab. 35). Diese Werte liegen deutlich niedriger, als wenn man sie auf die tatsächlich in Deutschland geförderte Menge Erdgas beziehen würde, da das meiste in Deutschland verbrauchte Erdgas im Ausland gefördert wurde. Laut Daten der AG Energiebilanz wurden im Jahr 2013 etwa 88% des verbrauchten Erdgases importiert (AGEB 2016b: Tabellen 1.1 und 1.4). Da aber weder die im Ausland vorliegenden Internalisierungsmaßnahmen noch die im Ausland vorliegenden Subventionen im Rahmen dieser Arbeit berücksichtigt werden konnten, stellt die angewandte Methode die mit den vorliegenden Daten beste und konsistenteste Berechnungsvariante dar.

**Tab. 35: Internalisierungswirkung der Förderabgaben im Strombereich**

Variable	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Förderabgaben Erdgas	Mio Euro	1.085	762	559	735	663	624	448
Primärenergieverbrauch Erdgas	PJ	3.222	3.039	3.171	2.911	2.920	3.059	2.660
Energieeinsatz Erdgas (Strom)	PJ	594	543	576	538	492	429	389
Anteil von Erdgas (Strom)	%	18%	18%	18%	18%	17%	14%	14%
Förderabgaben Erdgas (Strom)	Mio Euro	200	136	102	136	112	87	61
Endenergieverbrauch (Strom)	TWh	524	495	528	521	523	523	513
<b>Förderabgaben pro kWh (Strom)</b>	Ct/kWh	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01

*Quellen: WEG 2011; WEG 2012; WEG 2013; WEG 2014; WEG 2015; AGEB 2016b; eigene Berechnung*

## 7.8.2 Bestehende Subventionen

### 7.8.2.1 Absatzbeihilfen und soziale Beihilfen für Steinkohle

Die Steinkohleförderung aus deutschen Bergwerken ist international nicht wettbewerbsfähig und wird deswegen subventioniert. Der Ausstieg aus der Förderung ist allerdings bereits beschlossen, bis zum Jahr 2018 soll diese sozialverträglich beendet werden. Ein entsprechendes Gesetz wurde im Jahr 2007 verabschiedet (Steinkohlefinanzierungsgesetz; Deutscher Bundestag 08.09.2015c). Bis dahin werden jedoch noch Subventionen gezahlt, die zum einen aus „Zuschüssen für den Absatz deutscher Stein-



kohle“ und zum anderen aus der „Gewährung von Anpassungsgeld (APG) an Arbeitnehmer des Steinkohlenbergbaus“ bestehen. Für Angaben zu den sowohl auf Bundes- als auch Länderebene gezahlten Steinkohle-Subventionen in den Jahren 2008 bis 2013 wurde auf Daten der OECD-Datenbank „OECD.Stat“ zurückgegriffen (OECD 2017).<sup>76</sup>

Nun wird aber nicht die gesamte Steinkohle zur Stromerzeugung eingesetzt (für den Wärmeanteil siehe Kapitel 8.8.2.1). Deswegen wurde beruhend auf Daten der AG Energiebilanzen (AGEB 2016b: Tabellen 2.1 und 4.1) der Stromerzeugungsanteil der geförderten Steinkohle berechnet und mit der Fördersumme des jeweiligen Jahres multipliziert. Dadurch wird der Subventionsanteil geschätzt, der der Stromerzeugung zuzurechnen ist. Dieser Anteil wird durch den gesamten deutschen Strom-Endenergieverbrauch (AGEB 2016b: Tabelle 6.1) geteilt, um so die Subventionshöhe pro kWh Strom zu erhalten. Mit 0,29 Ct/kWh im Jahr 2008 und 0,19 Ct/kWh im Jahr 2013 liegt die Subventionswirkung der Absatzbeihilfen und sozialen Beihilfen (siehe Tab. 36) – wie auch bei der Internalisierungswirkung der Förderabgabe für Erdgas – deutlich niedriger, als wenn man sie auf die tatsächlich in Deutschland geförderte Menge Steinkohle beziehen würde. Denn inzwischen wird der Großteil der in Deutschland verbrauchten Steinkohle im Ausland gefördert, wobei sich dieser Anteil in den vergangenen Jahren – im Zuge der schrittweisen Reduzierung der Absatzbeihilfen – deutlich erhöht hat. Laut Daten der AG Energiebilanz wurden im Jahr 2013 etwa 87% der verbrauchten Steinkohle importiert (AGEB 2016b: Tabellen 1.1 und 1.4). Im Jahr 2008 lag der Importanteil noch bei 71% und im Jahr 2000 nur bei 47%.

<sup>76</sup> Konkret verwendet wurden die beiden Positionen „Early Retirement Payments for Hard Coal Miners in North Rhine Westphalia and Saarland“ und „Combined Aids in North Rhine Westphalia“, die in der Datenbank unter „OECD Inventory of Support Measures for Fossil Fuels“ und „Fossil Fuel Support – DEU“ und unter den Einstellungen „Mechanism=Budgetary Transfer“ „Level=Both“ zu finden sind.

Tab. 36: Subventionswirkung der Absatzbeihilfen im Strombereich

Variable	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Anpassungsgeld für Arbeitnehmer des Steinkohlenbergbaus (NRW, Saarland)	Mio Euro	183	190	173	152	152	165
Zuschüsse für den Absatz deutscher Steinkohle zur Verstromung und an die Stahlindustrie sowie zum Ausgleich von Belastungen infolge von Kapazitätsanpassungen	Mio Euro	2.332	1.781	1.727	1.756	1.529	1.445
Summe Absatzbeihilfen und soziale Beihilfen für Steinkohle	Mio Euro	2.515	1.971	1.900	1.908	1.681	1.611
Energieeinsatz Steinkohle (Strom)	PJ	1.800	1.496	1.714	1.715	1.725	1.840
Anteil von Steinkohle (Strom)	PJ	1.083	942	1.012	961	1.007	1.115
Anteil der Steinkohle (Strom)	%	60%	63%	59%	56%	58%	61%
Absatzbeihilfen und soziale Beihilfen für Steinkohle (Strom)	Mio Euro	1.513	1.241	1.122	1.069	981	976
Endenergieverbrauch Strom	TWh	524	495	528	521	523	523
<b>Absatzbeihilfen und soziale Beihilfen für Steinkohle pro kWh (Strom)</b>	Ct/kWh	0,29	0,25	0,21	0,21	0,19	0,19

Quellen: OECD 2017; AGEb 2016b; eigene Berechnung

### 7.8.2.2 Forschungsausgaben des Bundes für „Kerntechnische Sicherheit, Entsorgung und Beseitigung“

Energieforschungsausgaben stellen eine direkte Form der Finanzhilfe dar. Da die Stromunternehmen diese Kosten nicht selber tragen, kann der Strompreis für die Endkunden entsprechend niedriger ausfallen. Allerdings lässt sich die Förderung beziehungsweise deren Auswirkung oft nur schwer konkret zuordnen. Von den gesamten Forschungsausgaben des Bundes für „Energieforschung und Energietechnologie“ werden deswegen nur die beiden Positionen „Kerntechnische Sicherheit und Entsorgung“ und „Beseitigung kerntechnischer Anlagen“ als Subvention eingestuft, da für diese ein relativ direkter Bezug zum Betrieb beziehungsweise der Entsorgung der Abfallprodukte der Atomenergie gezogen werden kann. Als Quelle für die Forschungsaufwendungen des Bundes dienen die „Bundesberichte Forschung und Innovation“ 2010, 2012 und 2014 des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) (BMBF 2010: 427; BMBF 2012: 419; BMBF 2014: 489). Die Summe der genannten Förderungen wird durch den gesamten deutschen Strom-Endenergieverbrauch (AGEb 2016b: Tabelle 6.1) geteilt, um so die Subventionshöhe pro kWh Strom zu erhalten.

Tab. 37: Subventionswirkung der Forschungsausgaben für Kernenergie

Variable	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Kerntechnische Sicherheit und Entsorgung*	Mio Euro	186	240	234	256	274	279
Beseitigung kerntechnischer Anlagen**	Mio Euro	244	210	191	222	238	192
Forschungsausgaben Kerntechnische Sicherheit, Entsorgung und Beseitigung	Mio Euro	430	450	426	477	512	470
Endenergieverbrauch Strom	TWh	524	495	528	521	523	523
Forschungsausgaben pro kWh	Ct/kWh	0,08	0,09	0,08	0,09	0,10	0,09

\* 2008 „Nukleare Energieforschung (ohne Beseitigung kerntechnischer Anlagen)“ genannt

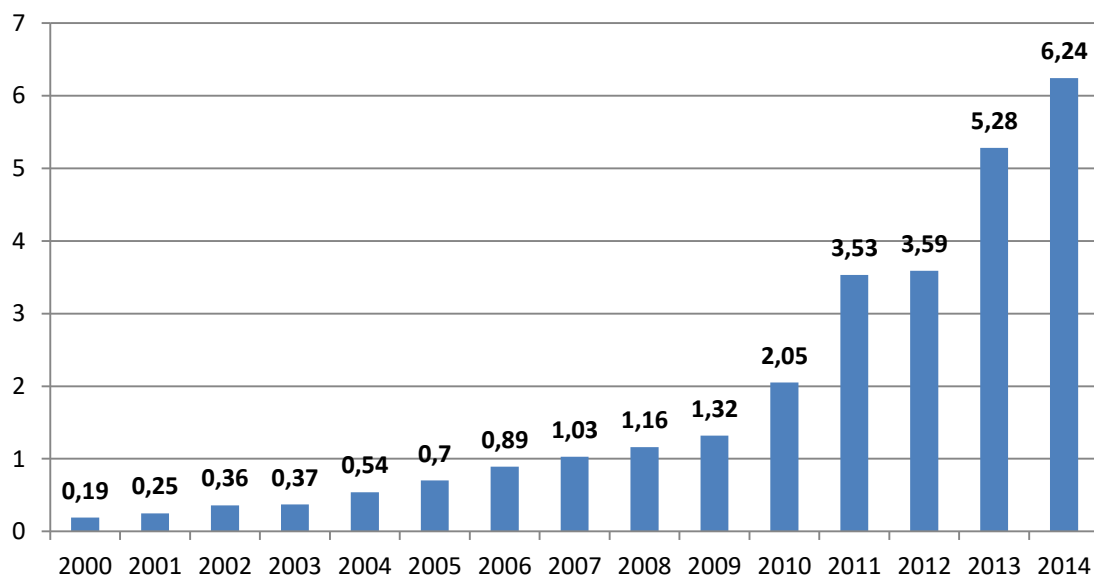
\*\* 2008 „Beseitigung kerntechnischer Anlagen; Risikobeteiligung“ genannt

Quellen: BMBF 2010; BMBF 2012; BMBF 2014; AGEb 2016b; eigene Berechnung

### 7.8.2.3 Einstufung der Erneuerbare-Energien-Gesetz-Umlage (EEG-Umlage)

In diesem Abschnitt wird kurz auf die Einstufung der EEG-Umlage eingegangen. Deren Entwicklung ist in Schaubild 28 darstellt (BMWi 2016). Unbestreitbar führt sie zu einer deutlichen Erhöhung des Strompreises für die Endverbraucher. Allerdings verursacht sie keine Verteuerung der konventionellen Energieträger, sondern stellt eine Förderung der erneuerbaren Energieträger dar. Sie deckt also die tatsächlichen Kosten der Energiebereitstellung durch erneuerbare Energien ab (inkl. möglicher Renditen der Anlagenbetreiber) und führt dadurch auch bereits zu niedrigeren externen Kosten der Stromerzeugung. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit und der dieser zugrunde liegenden Logik wird die EEG-Umlage deswegen weder als Subvention noch als Internalisierungsmaßnahme eingestuft, insofern also nicht berücksichtigt.

Schaubild 28: Höhe der EEG-Umlage für private Haushalte (Ct/kWh)



Quelle: BMWi 2016; eigene Darstellung

### 7.8.3 Bestehende Nettointernalisierung

Zieht man die bestehenden Subventionen (siehe Kapitel 7.8.2) von der bestehenden Internalisierung (siehe Kapitel 7.8.1) ab, so erhält man die bestehende Nettointernalisierung. Wie in Tab. 38 zu sehen ist, ist die bestehende Nettointernalisierung von 2008 bis 2013 von 3,15 Ct/kWh auf 2,30 Ct/kWh um 27% (0,84 Ct/kWh) zurückgegangen. Ausgelöst wurde dieser Rückgang hauptsächlich durch die fallenden Preise für Emissionszertifikate am Emissionshandel ETS (siehe Kapitel 7.8.1.3). Dadurch ist die Internalisierungswirkung des Emissionshandels um 81% (-1,16 Ct/kWh) zurückgegangen. Dieser enorme Rückgang konnte durch die Einführung der Kernbrennstoffsteuer und dem Abbau der Absatz- und sozialen Beihilfen nur zum Teil kompensiert werden.

**Tab. 38: Bestehende Nettointernalisierung im Strombereich (Ct/kWh)**

Variable	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Bestehende Internalisierung</b>						
<b>Stromsteuer</b>	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05
<b>Kernbrennstoffsteuer<sup>77</sup></b>	0	0	0	0,18	0,30	0,25
<b>Förderabgabe Erdgas</b>	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02
<b>Emissionshandel ETS</b>	1,43	0,81	0,87	0,85	0,46	0,27
<b>Bestehende Subventionen</b>						
<b>Forschungsausgaben Kerntechnische Sicherheit, Entsorgung und Beseitigung</b>	0,08	0,09	0,08	0,09	0,10	0,09
<b>Absatz-/soziale Beihilfen Steinkohle</b>	0,29	0,25	0,21	0,21	0,19	0,19
<b>Bestehende Nettointernalisierung</b>						
<b>Bestehende Nettointernalisierung</b>	3,15	2,54	2,65	2,81	2,55	2,30

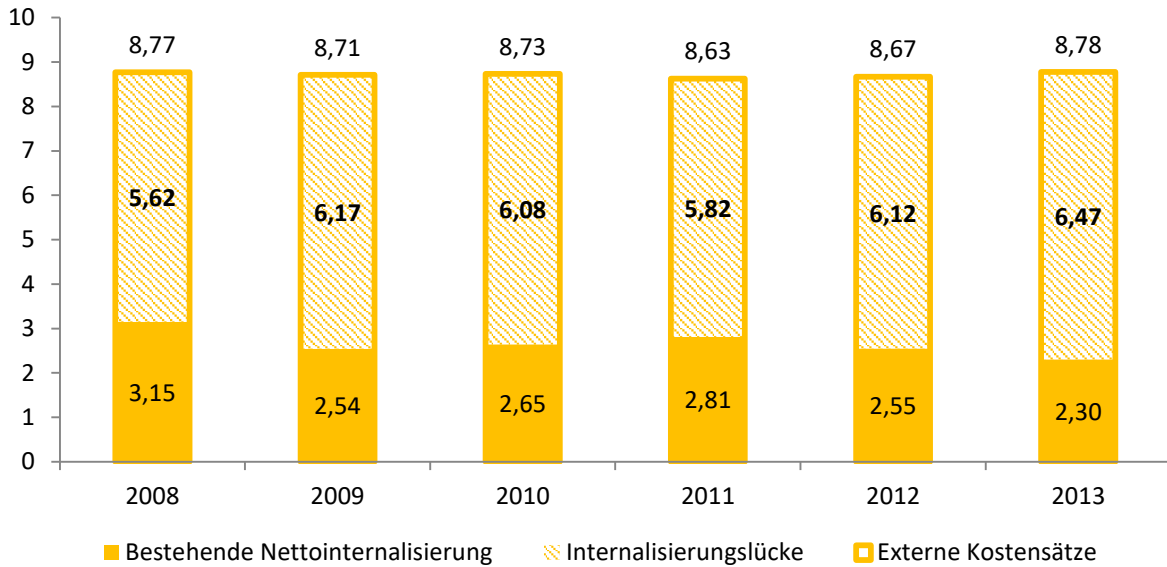
*Quellen: Deutscher Bundestag 01.01.2018b; Deutscher Bundestag 08.09.2015a; BMF 2015b; BMF 2017b; AGEb 2016b; IINAS 2015; DEHSt 2014a; DEHSt 2014b; DEHSt 2015; DEHSt 2016a; WEG 2011; WEG 2012; WEG 2013; WEG 2014; WEG 2015; OECD 2017; AGEb 2016b; BMBF 2010; BMBF 2012; BMBF 2014; eigene Berechnung*

## 7.9 Berechnung der Internalisierungslücke (Schritt 9)

### 7.9.1 Internalisierungslücke pro kWh

Zieht man von den externen Kosten die Nettointernalisierung ab, so erhält man die Internalisierungslücke. Diese ist für den Haushaltsstrombereich in Schaubild 29 abgebildet. Wie dort zu sehen ist, betrug die Internalisierungslücke im Haushaltsstrombereich im Jahr 2008 5,62 Ct/kWh und im Jahr 2013 6,47 Ct/kWh. Damit ist sie von 2008 bis 2013 um 15% (0,85 Ct/kWh) angestiegen. Verursacht wurde diese nicht von steigende externe Kostensätze – diese blieben mit 8,77 beziehungsweise 8,78 Ct/kWh relativ konstant (siehe Kapitel 7.7.1) – sondern von der um 27% (0,84 Ct/kWh) von 3,15 auf 2,30 Ct/kWh zurückgegangenen bestehenden Nettointernalisierung (siehe Kapitel 7.8.3).

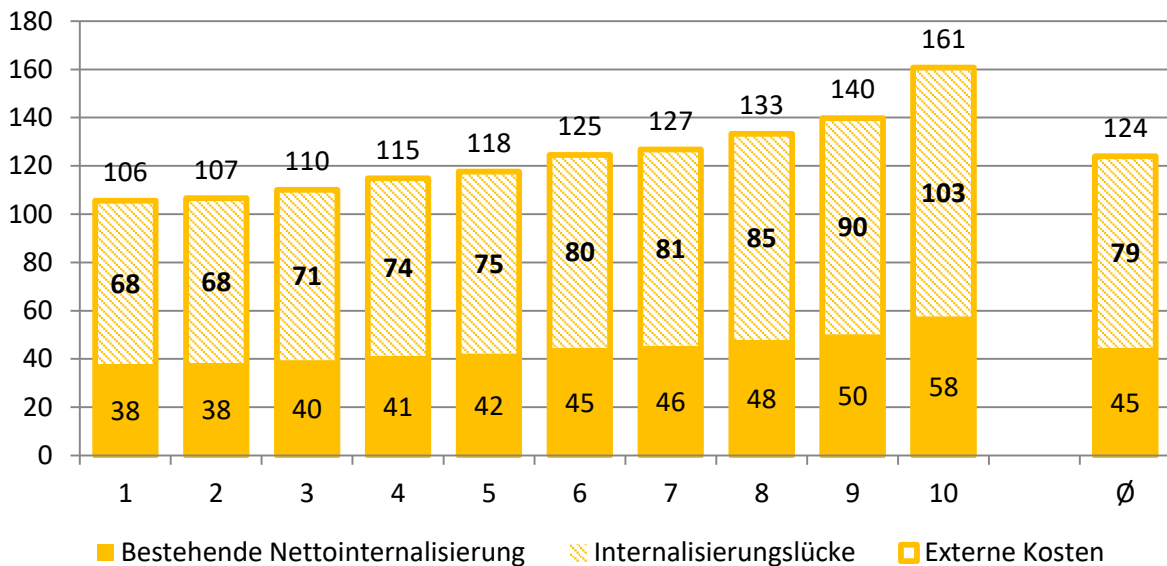
<sup>77</sup> Siehe Fußnote 74.

**Schaubild 29: Internalisierungslücke im Haushaltsstrombereich (Ct/kWh)**

Quellen: externe Kosten: IINAS 2015; AGEb 2016c; Schwermer et al. 2014; bestehende Nettointernalisierung: siehe Tab. 38; eigene Berechnung

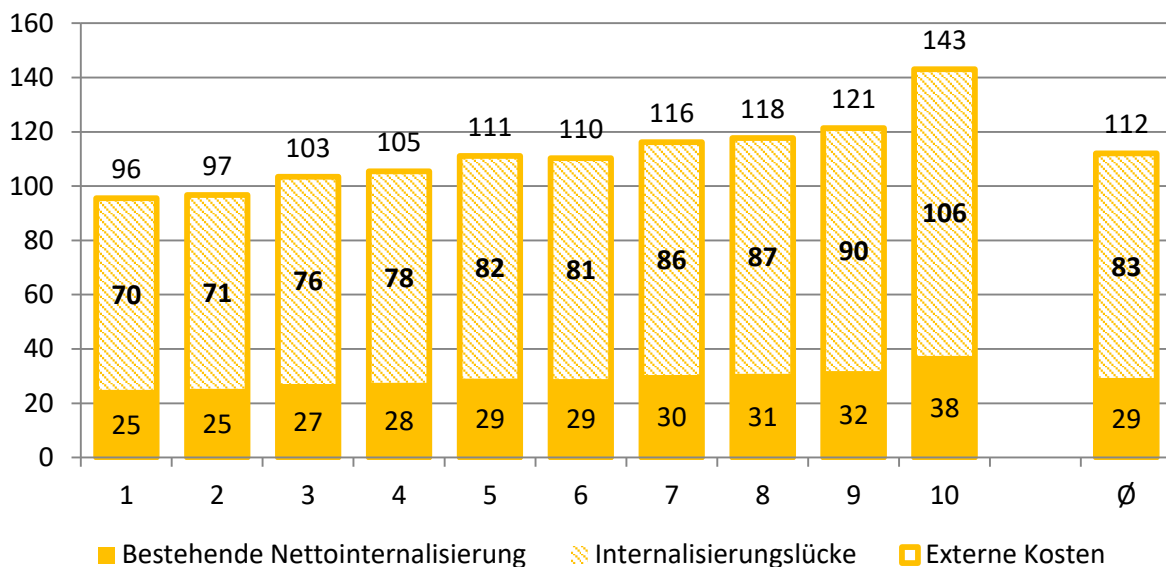
## 7.9.2 Ergebnisse

Die Internalisierungslücke des Haushaltsstrombereichs lag im Durchschnitt im Jahr 2008 bei 79 €/P/a (siehe Schaubild 30). Über die Dezile steigt sie streng monoton von 68 €/P/a auf 103 €/P/a an. Damit beträgt sie im zehnten Dezil das 1,5-fache des ersten Dezils.

**Schaubild 30: Internalisierungslücke im Haushaltsstrombereich im Jahr 2008 (€/P/a)**

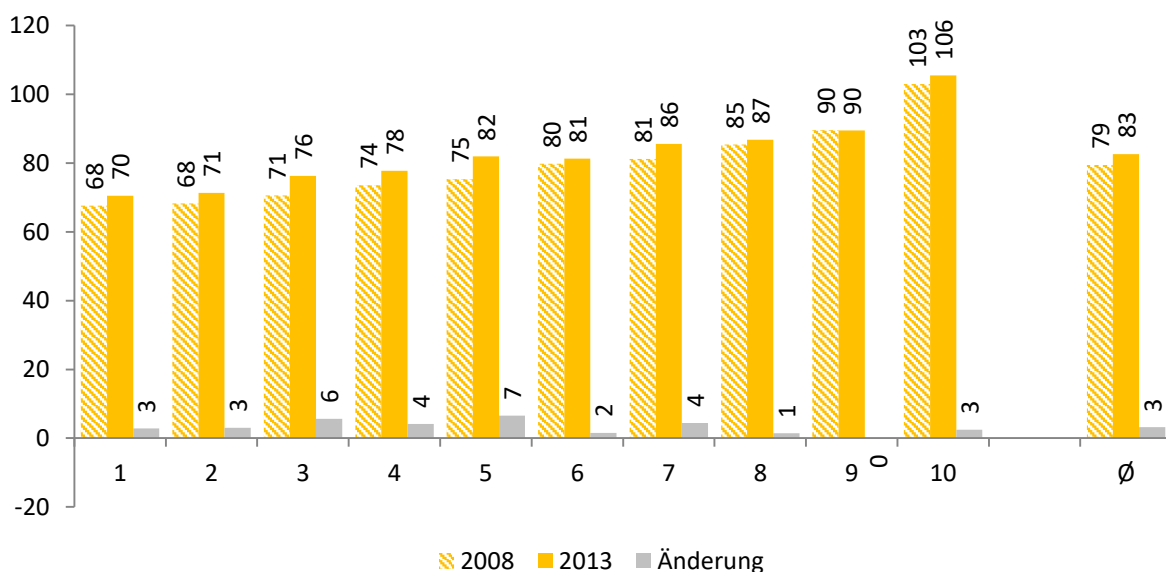
Quellen: FDZ 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

Im Jahr 2013 lag die durchschnittliche Internalisierungslücke bei 83 €/P/a (siehe Schaubild 31). Sie steigt mit Ausnahme des siebten Dezils über die Dezile streng monoton an von 70 auf 106 €.

**Schaubild 31: Internalisierungslücke im Haushaltsstrombereich im Jahr 2013 (€/P/a)**

Quellen: FDZ 2016; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

Von 2008 bis 2013 hat sich die durchschnittliche Internalisierungslücke um 4% (3 €) leicht erhöht (siehe Schaubild 32). Dabei steigt die Internalisierungslücke in allen Dezilen mit Ausnahme des neunten – in dem keine Veränderung festzustellen ist – an. Die Bandbreite der Steigerungen liegt zwischen 2% (6., 8., 10. Dezil) und 9% (5. Dezil). Dass die Internalisierungslücke sich von 2008 bis 2013 nicht noch stärker verändert hat, liegt daran, dass zwei in entgegengesetzte Richtungen zeigende Entwicklungen vorliegen: Während bei den Verbräuchen (siehe Kapitel 7.5) über alle Dezile im Durchschnitt Rückgänge in Höhe von 10% zu beobachten sind, ist die Internalisierungslücke pro kWh um 15% angestiegen (siehe Kapitel 7.9.1). Bei der Internalisierungslücke ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich um jeweilige Preise handelt.

**Schaubild 32: Vergleich der Internalisierungslücke im Haushaltsstrombereich 2008 und 2013 (€/P/a)**

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

## 8 Bereichsspezifische Berechnungen „Wärme“

### 8.1 Überblick

In diesem Kapitel werden die Berechnungen im Bereich „Wärme“ bis zum Schritt der Internalisierungslücke vorgestellt (Schritte 3-9, siehe Schaubild 17). Das Vorgehen ist dabei grundsätzlich identisch mit dem des Bereichs „Haushaltsstrom“ (siehe Kapitel 7.1). Allerdings weicht es insofern ab, als dass anders als beim Haushaltsstrom nun mehrere Energieträger untersucht werden.

Zur Einführung wird der Untersuchungsbereich in Kapitel 8.2 kurz vorgestellt. Im Anschluss werden die Ergebnisse und die dazu verwandte Methodik präsentiert. Um einen groben Überblick zu ermöglichen, werden die einzelnen Schritte mit Verweis auf das jeweilige Kapitel kurz aufgeführt. Als erstes werden die Ausgaben analysiert (Schritt 3; Kapitel 8.3). Dazu wird zunächst eine – auf den EVS-Klassifikationen beruhende – eigene Klassifikation erstellt, die zwischen sechs Energieträgern unterscheidet (Gas, Heizöl, Feste Brennstoffe, Fernheizung, Heizstrom, Sonstige). Über die anschließend präsentierten Preis-Ausgaben-Funktionen (Schritt 4; Kapitel 8.4) werden die Ausgaben in Verbräuche umgerechnet (Schritt 5; Kapitel 8.5). Über aus der GEMIS-Datenbank stammende Emissionsfaktoren werden anschließend die Emissionen berechnet (Schritt 6; Kapitel 8.6). Über Kostensätze aus der Methodenkonvention 2.0 des Umweltbundesamtes werden dann auf Basis der Emissionen die externen Kosten berechnet (Schritt 7; Kapitel 8.7). Anschließend wird mittels einer Auflistung der bestehenden Internalisierungsmaßnahmen und Subventionen die bestehende Nettointernalisierung im Wärmebereich berechnet (Schritt 8; Kapitel 8.8). Dieses Kapitel abschließend, werden die Internalisierungslücken – sowohl pro kWh als auch pro Kopf und Jahr – berechnet und vorgestellt (Schritt 9; Kapitel 8.9).

Die Auswirkungen der Internalisierung der festgestellten Internalisierungslücken (Schritte 10-14) wird für die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität direkt bereichsübergreifend durchgeführt und ist – nach einer Übersicht der Zwischenergebnisse (siehe Kapitel 10) – in Kapitel 11 zu finden.

### 8.2 Beschreibung des Untersuchungsbereichs

Der Wärmebereich umfasst in dieser Arbeit sowohl das Heizen als auch die für andere Zwecke eingesetzte Warmwassernutzung.<sup>78</sup> Die Möglichkeit in einer geheizten Wohnung zu leben und ausreichend warmes Wasser zur Verfügung zu haben, kann in Deutschland als ein Grundbedürfnis angesehen werden. Im Durchschnitt lebte eine Person in Deutschland im Jahr 2008 auf einer Wohnfläche von 45 Quadratmetern (qm), wobei die Wohnfläche mit dem Nettoäquivalenzeinkommen streng monoton

<sup>78</sup> Wenn die Warmwasseraufheizung jedoch über andere elektrische Geräte als eine im Rahmen der EVS angegebene Stromheizung erfolgt, so sind die Energieverbräuche im Bereich „Haushaltsstrom“ erfasst.

ansteigt von 37 qm im ersten Dezil auf 61 qm im zehnten Dezil (Held 2016: 85). In privaten Haushalten wird in Deutschland etwa die Hälfte des Energieverbrauchs für Wärmezwecke eingesetzt. Betrachtet man die Haushaltsenergie alleine, also ohne die Mobilität, so ist die Wärmeerzeugung sogar für rund 80% der verbrauchten Energie verantwortlich (Statistisches Bundesamt 2017d: Tab. 3.3.6.1). Bezogen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen ist die Wärme bei alleiniger Betrachtung der Haushaltsenergie für gut 70% der CO<sub>2</sub>-Emissionen, bei zusätzlicher Berücksichtigung des Straßenverkehrs für etwa 40% verantwortlich (Statistisches Bundesamt 2017d: Tab. 3.3.6.5).

Dabei haben sich die durch die Wärmeerzeugung von privaten Haushalten verursachten THG-Emissionen von 1990 bis 2014 um 35% von 131 Mio t CO<sub>2</sub>e auf 85 Mio t CO<sub>2</sub>e (jeweils ohne Witterungsbereinigung) und damit recht deutlich reduziert (BMUB 2016b: 43). Das wurde zum Großteil durch die energetische Sanierung des Gebäudebestands (zum Beispiel Dämmung) und durch den Umstieg auf umweltfreundlichere Energieträger (zum Beispiel von Kohle und Heizöl auf Erdgas) erreicht. Für das Jahr 2050 hat die Bundesregierung das Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands festgelegt. Um dies zu erreichen „sind sowohl anspruchsvolle Neubaustandards, langfristige Sanierungsstrategien für den Gebäudebestand wie auch die schrittweise Abkehr von fossilen Heizungssystemen Voraussetzung“ (BMUB 2016b: 47).

Aus sozialpolitischer Sicht stellt dabei die Erhaltung und Schaffung von bezahlbarem Wohnraum für ärmere Einkommensschichten eine besondere Herausforderung dar. So können energetische Standards dazu führen, dass sich die Bau- beziehungsweise Renovierungskosten erhöhen und damit auch der Wohnraum insgesamt teurer wird. Inwieweit dies bereits heute der Fall ist, ist umstritten (vgl. F+B für Wohnen, Immobilien und Umwelt GmbH 2016; Neitzel 2017), und auch die zukünftige Entwicklung hängt von vielen Faktoren wie etwa der Entwicklung der Energiepreise und dem technologischen Fortschritt ab. Klar ist jedoch, dass das Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050 nur mit sehr hohen Investitionsmitteln erreicht werden kann und dass in diesem Zuge die Erhaltung und Schaffung bezahlbaren Wohnraums immer aufmerksam im Auge behalten werden muss.

Der Wärmebereich (abgesehen von Fernwärme) unterscheidet sich vom Strombereich (abgesehen von Fotovoltaikanlagen) dadurch, dass die Energieerzeugung direkt vor Ort stattfindet und zumindest bei selbstgenutztem Wohnungseigentum die Heizungsanlagen direkt vom jeweiligen Nutzer gekauft und bezahlt werden. Insofern sind die Einflussmöglichkeiten auf die Energieerzeugung im Wärmebereich direkter als im Strombereich. Hier zeigt sich jedoch ein weiteres sozialpolitisches Problem: Dieses beruht auf dem sogenannten „Vermieter-Mieter-Dilemma“, das in allgemeiner Form auch als „Nutzer-Investor-Dilemma“ bezeichnet wird. Das Problem besteht darin, dass der Vermieter (Investor) die energetische Sanierung bezahlen müsste, jedoch allein der Mieter (Nutzer) von der durch die Energieeinsparungen ausgelösten Kostenreduktion profitiert. Eine Investition in eine energetische Sanierung



macht für den Vermieter also aus wirtschaftlicher Sicht keinen Sinn und wird deswegen unterlassen. Die Folge ist, dass die Mieter in energetisch ineffizienten Wohnungen leben. Nun gibt es verschiedene Lösungsansätze für dieses Dilemma (vgl. Neitzel 2011), allerdings erfordern diese alle einen gewissen Aufwand, der bei selbstgenutztem Wohneigentum nicht auftritt. Ein sozialpolitisches Problem ist es deswegen, weil einkommensschwache Haushalte deutlich häufiger in Mietwohnungen leben, oder andersherum ausgedrückt deutlich weniger Wohneigentum besitzen (vgl. Niehues und Voigtländer 2016). Deswegen betrifft das „Vermieter-Mieter-Dilemma“ ärmere Haushalte in größerem Umfang als reichere, was insbesondere dann problematisch sein könnte, wenn sich die Energiepreise durch eine Internalisierung der externen Kosten deutlich erhöhen.

### 8.3 Auswertung der Ausgaben (Schritt 3)

#### 8.3.1 Differenzierungsgrad der Ausgaben

Die Ausgabenauflösung liegt in der EVS2008 und der EVS2013 in unterschiedlichem Differenzierungsgrad vor. Um die Ergebnisse vergleichbar zu machen und diese für die Verbrauchsberechnungen aufzubereiten, wurden verschiedene Berechnungsschritte vorgenommen. Diese werden im Folgenden erläutert.

Im Scientific-Use-File der EVS2008 werden reine Heizausgaben (inklusive Warmwasser) in vier Variablen und in gemischter Form in einer weiteren Variable ausgewiesen.

- In der Variable „Gas“ (ef252) sind die Ausgaben für Erdgas und Flüssiggas enthalten. Eine weitere Differenzierung dieser Ausgaben ist mit den in der EVS2008 enthaltenen Daten nicht möglich.
- In der Variable „Heizöl“ (ef253) sind die Ausgaben für alle Formen von Heizöl sowie sonstige flüssige Brennstoffe enthalten. Eine weitere Differenzierung dieser Ausgaben ist mit den in der EVS2008 enthaltenen Daten nicht möglich.
- In der Variable „Kohle, Holz u.ä.“ (ef254) sind Braunkohle, Steinkohle, alle Formen der Holzheizarten (Scheitholz, Hackschnitzel, Holzpellets, ...) und alle sonstigen festen Brennstoffe enthalten. Eine weitere Differenzierung dieser Ausgaben ist mit den in der EVS2008 enthaltenen Daten nicht möglich. Zur besseren Verständlichkeit und Übersichtlichkeit wird die Variable umbenannt in „Feste Brennstoffe“.
- In der Variable „Fern-/Zentralheizung und Warmwasser (auch Umlagen)“ (ef255) sind die Ausgaben für Fern-/Zentralheizungen und Warmwasser, sowie die Ausgaben für Umlagen enthalten. Bei dieser Variable ist eine weitere Differenzierung mittels Daten der EVS2008 möglich. Um diese gemischte Position den einzelnen verwendeten Heizarten zuordnen zu können, werden die Variablen „überwiegendes Heizsystem/Hauptwohnung“ (ef21) und „überwiegende Energieart der Heizung/Hauptwohnung“ (ef22) verwendet. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei nur

um Schätzungen handelt, da nicht absolut sicher ist, ob die Ausgaben tatsächlich für die in ef21 und ef22 angegebenen Heizarten, oder möglicherweise auch für andere Heizsysteme (zum Beispiel weil ein anderes Warmwasserheizungssystem verwendet wurde) angefallen sind. Dargestellt sind die Ergebnisse im Anhang in Tab. 173.

- Bei der Variable ef21 gibt es folgende Auswahlmöglichkeiten:

1 = Fernheizung

2 = Zentral-, Etagenheizung

3 = Einzel- und/oder Mehrraumöfen

Wurde bei ef21 die Auswahlmöglichkeit „Fernheizung (1)“ gewählt, so wurden die Ausgaben der Ausgabeklasse „Fernheizung“ zugeordnet.

- Wurde bei ef21 eine andere Auswahlmöglichkeit als „Fernheizung gewählt (>1)“, so wurden die Ausgaben entsprechend der Angaben bei der Variable ef22 zugeordnet. Als Auswahlmöglichkeiten standen zur Auswahl:

1 = Strom

2 = Gas

3 = Heizöl

4 = Feste Brennstoffe

5 = sonstiges

0 = Trifft nicht zu

Die Ausgaben wurden entsprechend der gewählten Antwort den jeweiligen Energieträgern beziehungsweise der neuen Kategorie „Sonstiges“ („sonstiges“, „Trifft nicht zu“) zugeordnet.

- Mit sonstigen Stromausgaben gemischt werden die Heizstromausgaben in der Variable „Strom“ (ef251) ausgewiesen. Der Heizstromanteil wurde mit der in Kapitel 7.3.1 vorgestellten Methode geschätzt (55% Heizstromanteil, wenn Strom als überwiegende Heizenergieart angegeben wurde („überwieg. Heizenergieart / Hauptwohnung = Strom“; ef22=1). Die so entstehende geschätzte Variable wird mit „Heizstrom“ bezeichnet.

In der EVS2013 werden die Heizausgaben in differenzierter Form ausgewiesen als in der EVS2008. Eine Übersicht über die Ausgabenklassifikation der EVS2013 und deren Entsprechungen in der EVS2008 bietet Tab. 39.

**Tab. 39: Übersicht und Zuordnung der Ausgabenvariablen der EVS2008 und EVS2013**

EVS2013		EVS2008	
EF251	Strom	ef314	Strom
EF315	Flüssiggas (zum Beispiel Propangas)	ef252	Gas
EF316	Gas (Stadt- und Erdgas)		
EF318	Sonstige flüssige Brennstoffe	ef253	Heizöl
EF319	Heizöl		
EF321	Kohle, Holz und andere feste Brennstoffe	ef254	Kohle, Holz u.ä.
EF323	Fernheizung	ef255	Fern-/Zentralheizung und Warmwasser (auch Umlagen)
EF324	Warmwasser		
EF327	Umlage Heizung/Warmwasser: Fernheizung (Schätzung)		
EF328	Umlage Heizung/Warmwasser: Strom (Schätzung)		
EF329	Umlage Heizung/Warmwasser: Gas (Schätzung)		
EF330	Umlage Heizung/Warmwasser: Heizöl (Schätzung)		
EF331	Umlage Heizung/Warmwasser: Feste Brennstoffe (Schätzung)		
EF332	Umlage Heizung/Warmwasser: Sonstige Energieart (Schätzung)		

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Zuordnungen*

Folgende Berechnungsschritte wurden zur energieträgerspezifischen Aggregation bei der EVS2013 vorgenommen, um diese vergleichbar zu machen mit den Ergebnissen der EVS2008:

- Die Variablen EF327-EF331 werden den entsprechenden Brennstoffausgaben zugerechnet. Aus der Variable EF332 wird die neue Ausgabenart „Sonstige“ gebildet. Dargestellt sind die Ergebnisse im Anhang in Tab. 175.
- Eine eigene weitere Differenzierung der Ausgaben erfolgt bei der EVS2013 bei der Variable „Warmwasser“ (EF324). Bei dieser wurden entsprechend des Vorgehens bei der EVS2008 die Variablen „überwiegendes Heizsystem/Hauptwohnung“ (EF22) und „überwiegende Energieart der Heizung/Hauptwohnung“ (EF23) zur weiteren Differenzierung verwendet. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei nur um Schätzungen handelt, da nicht absolut sicher ist, ob die Ausgaben tatsächlich für die EF22 und EF23 angegebenen Heizarten angefallen sind, oder möglicherweise auch für andere Heizsysteme (zum Beispiel weil ein anderes Warmwasserheizungssystem verwendet wurde). Dargestellt sind die Ergebnisse im Anhang in Tab. 176.
  - Bei der Variable EF22 gibt es folgende Auswahlmöglichkeiten:
    - 1 = Fernheizung
    - 2 = Zentral-, Etagenheizung
    - 3 = Einzel- und/oder Mehrraumöfen

Wurde bei EF22 die Auswahlmöglichkeit „Fernheizung (1)“ gewählt, so wurden die Ausgaben der Ausgabeklasse „Fernheizung“ zugeordnet.

- Wurde bei EF22 eine andere Auswahlmöglichkeit als „Fernheizung gewählt (>1)“, so wurden die Ausgaben entsprechend der Angaben bei der Variable EF23 zugeordnet. Als Auswahlmöglichkeiten standen zur Auswahl:

1 = Strom

2 = Gas

3 = Heizöl

4 = Feste Brennstoffe

5 = sonstiges

0 = Trifft nicht zu

Die Ausgaben wurden entsprechend der gewählten Antwort den jeweiligen Energieträgern beziehungsweise der neuen Kategorie „Sonstiges“ („sonstiges“, „Trifft nicht zu“) zugeordnet.

- Mit sonstigen Stromausgaben gemischt werden die Heizstromausgaben in der Variable „Strom“ (EF314) ausgewiesen. Der Heizstromanteil wurde mit der in Kapitel 7.3.1 vorgestellten Methode geschätzt (55% Heizstromanteil, wenn Strom als überwiegende Heizenergieart angegeben wurde („überwieg. Heizenergieart / Hauptwohnung = Strom“; EF22=1). Die so entstehende geschätzte Variable wird mit „Heizstrom“ bezeichnet.

Zum Vergleich der Ausgaben und der weiteren Verwendung zur Berechnung der Verbrauchswerte, wurden sechs Ausgabeklassen gebildet. Diese und die sie enthaltenden Variablen sind in Tab. 23 dargestellt. Dabei musste sich an dem geringeren Differenzierungsgrad der EVS2008 orientiert werden. So konnte bei der Kategorie „Gas“ keine Unterscheidung zwischen Erd-/Stadtgas und Flüssiggas vorgenommen werden. Die differenzierten Ausgabeauswertungen der EVS2013 zeigen jedoch, dass die Bedeutung von Flüssiggas eher gering ist. Durchschnittlich hatte dieses im Jahr 2013 nur einen Anteil von knapp 4% an den Gesamtausgaben für Gas (siehe Anhang Tab. 174). Gleiches gilt für die Kategorie „Heizöl“. Diese enthält auch noch andere flüssige Brennstoffe; deren Ausgabenanteil betrug im Jahr 2013 laut der Auswertungen der EVS2013 jedoch gerade einmal 0,4% (siehe Anhang Tab. 174). Für die Verbrauchsberechnungen und die darauf aufbauenden Berechnungen wird deswegen angenommen, dass es sich bei der gesamten Ausgabenkategorie „Gas“ um Erdgas gehandelt hat und bei der Kategorie „Heizöl“ allein um Heizöl.

Schwierig stellt sich die Situation bei der Kategorie „Feste Brennstoffe“ dar. Dieser äußerst divers zusammengesetzten Kategorie wird versucht über verschiedene Sekundärquellen und Schätzungen gerecht zu werden, die bei den einzelnen Berechnungsschritten genauer erläutert werden.

Schließlich bleibt die Kategorie „Sonstige“ als Restgröße nicht näher spezifizierter Heizausgaben bestehen. Diese machen allerdings mit 0,1% (EVS2008) beziehungsweise 0,3% (EVS2013) der Heizungsgesamtausgaben nur einen sehr geringen Anteil aus (siehe Kapitel 8.3.2). Um die Ausgaben der Position „Sonstiges“ trotzdem mit einbeziehen zu können, werden sie in den folgenden Berechnungsschritten so behandelt, als hätte es sich bei ihnen um Ausgaben für den Energieträger „Gas“ gehandelt. Das bedeutet, die Position „Sonstige“ wird weiter getrennt ausgewiesen, es werden aber die Preis-Ausgabe-Funktionen, Emissionsfaktoren und bestehende Internalisierungslücken von „Gas“ für die Berechnung eingesetzt. Mit den zur Verfügung stehenden Daten erschien dies die sinnvollste Vorgehensweise.

**Tab. 40: Zuordnungsschlüssel/ Berechnungsformeln der eigenen Klassifikation**

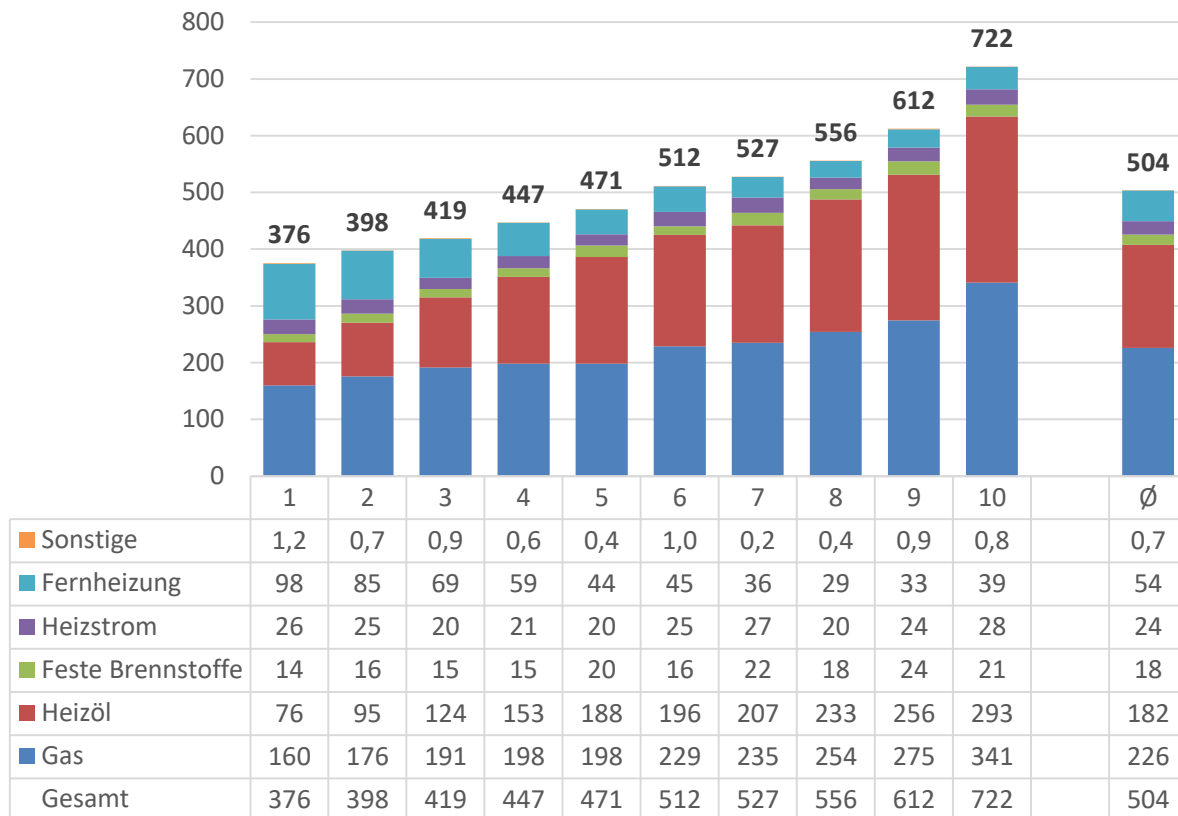
Eigene Klassifikation	EVS2008	EVS2013
<b>Gas</b>	$ef252 + (ef255, \text{ wenn } ef21 > 1 \ \& \ ef22 = 2)$	$EF315 + EF316 + (EF324, \text{ wenn } EF22 > 1 \ \& \ EF23 = 2) + EF329$
<b>Heizöl</b>	$ef253 + (ef255, \text{ wenn } ef21 > 1 \ \& \ ef22 = 3)$	$EF318 + EF319 + (EF324, \text{ wenn } EF22 > 1 \ \& \ EF23 = 3) + EF330$
<b>Feste Brennstoffe</b>	$ef254 + (ef255, \text{ wenn } ef21 > 1 \ \& \ ef22 = 4)$	$EF321 + (EF324, \text{ wenn } EF22 > 1 \ \& \ EF23 = 3) + EF331$
<b>Fernheizung</b>	$ef255, \text{ wenn } ef21 = 1$	$EF323 + (EF324, \text{ wenn } EF22 > 1 \ \& \ EF23 = 3) + EF327$
<b>Heizstrom</b>	$0,55 * (ef251, \text{ wenn } ef22 = 1) + (ef255, \text{ wenn } ef21 > 1 \ \& \ ef22 = 1)$	$0,55 * (EF314, \text{ wenn } EF23 = 1) + (EF324, \text{ wenn } EF22 > 1 \ \& \ EF23 = 1) + EF328$
<b>Sonstige</b>	$(ef255, \text{ wenn } ef21 > 1 \ \& \ ef22 = 5) + (ef255, \text{ wenn } ef21 > 1 \ \& \ ef22 = 0)$	$(EF324, \text{ wenn } EF22 > 1 \ \& \ EF23 = 5) + (EF324, \text{ wenn } EF22 > 1 \ \& \ EF23 = 0) + EF332$

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Zuordnung*

### 8.3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Auswertungen der EVS2008 bezüglich der jährlichen Ausgaben für Heizenergie pro Person sind in Schaubild 33 dargestellt.<sup>79</sup> Durchschnittlich lagen diese im Jahr 2008 bei 504 €/P/a. Dabei ist ein monoton steigender Zusammenhang über die Dezile zu beobachten. So steigen die Ausgaben von 376 €/P/a im ersten Dezil auf 722 €/P/a im zehnten Dezil. Damit liegen die Ausgaben für Heizenergie im zehnten Dezil bei dem 1,9-fachen des ersten Dezils.

<sup>79</sup> Die Ausgabenwerte sind in differenzierterer Form im Anhang in Tab. 172 aufgeführt.

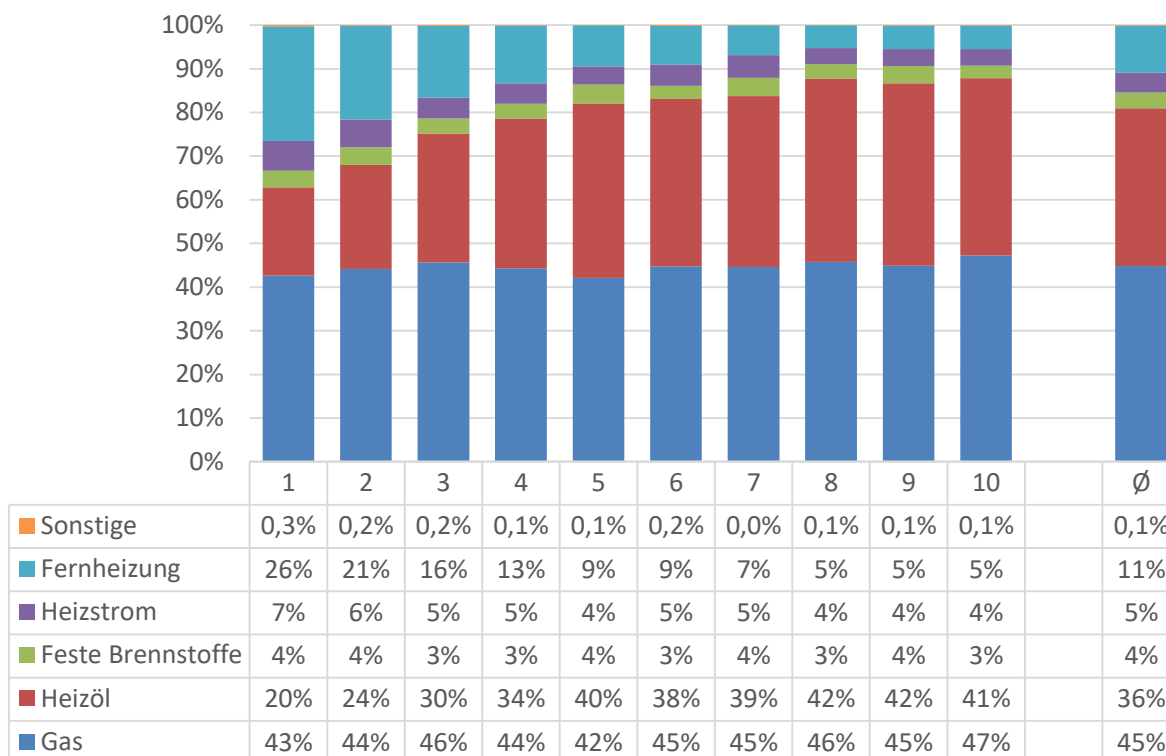
**Schaubild 33: Heizausgaben nach Energieträgern 2008 (€/P/a)**

Quelle: FDZ 2010; eigene Berechnung

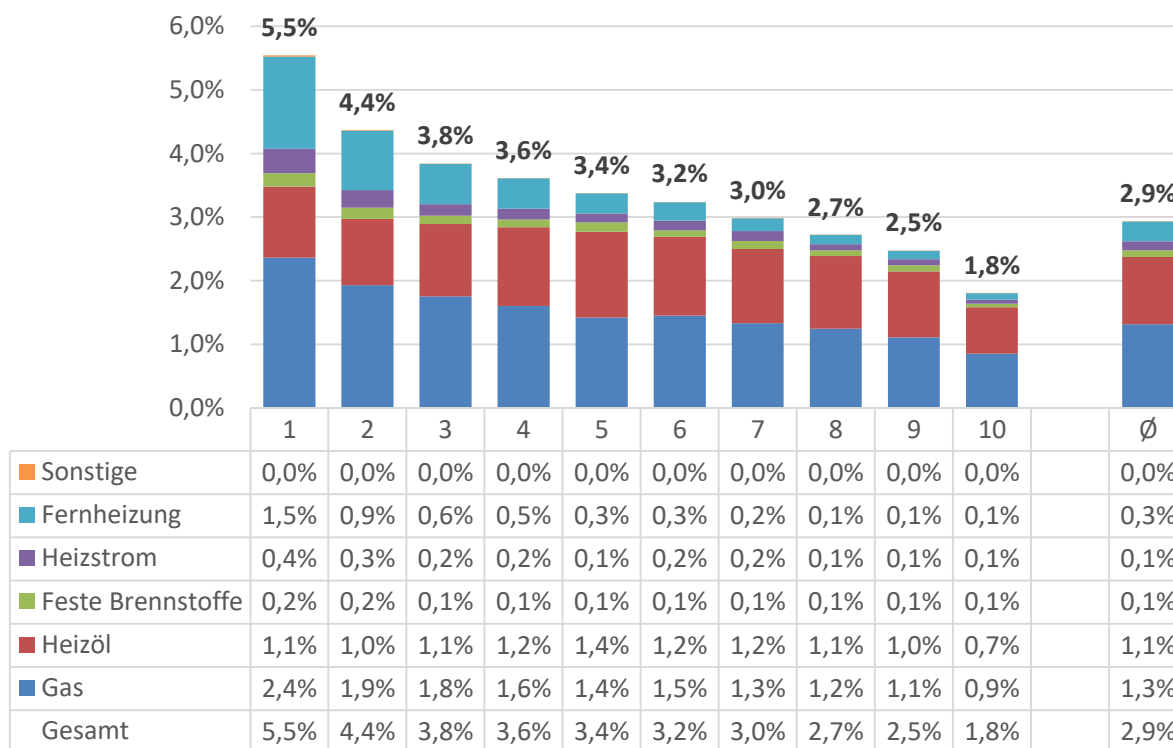
Den größten Anteil an den Heizenergieausgaben (siehe Schaubild 34) machten im Durchschnitt die Ausgaben für „Gas“ mit 45% (226 €/P/a) aus, gefolgt von „Heizöl“ mit 36% (182 €/P/a), „Fernheizung“ mit 11% (54 €/P/a), „Heizstrom“ mit 5% (24 €/P/a) und „Feste Brennstoffe“ mit 4% (18 €/P/a). „Sonstige“ Energieträger haben nur einen Anteil von 0,1% (0,7 €/P/a).

Betrachtet man die Anteile der verschiedenen Brennstoffe aufgeteilt nach Nettoäquivalenzeinkommensdezilen, so zeigen sich deutliche Unterschiede. So liegt der Anteil der Fernheizung im ersten Dezil mit 26% etwa fünfmal so hoch wie im zehnten Dezil (5%). Beim Heizstrom liegt der Anteil im ersten Dezil mit 7% etwa 80% höher als im zehnten Dezil (4%). Anders beim Heizöl: Hier liegt der Anteil im zehnten Dezil mit 41% etwa doppelt so hoch wie im ersten Dezil (20%). Über alle Dezile hinweg stellt jedoch Gas den größten Anteil dar mit einer Bandbreite von 42% (5. Dezil) bis 47% (10. Dezil).

Betrachtet man die Ausgabenanteile für Heizenergie am Haushaltsnettoeinkommen im Jahr 2008 (siehe Schaubild 35), so zeigt sich im Unterschied zu der reinen Ausgabenbetrachtung ein negativer Zusammenhang. So liegt der Ausgabenanteil im ersten Dezil mit 5,5% am höchsten und fällt dann kontinuierlich auf nur noch 1,8% im zehnten Dezil. Der Anteil des ersten Dezils beträgt also das 3,1-fache des zehnten Dezils. Durchschnittlich liegt der Ausgabenanteil bei 2,9%.

**Schaubild 34: Heizausgaben nach Energieträgern 2008 (% an Heizausgaben)**

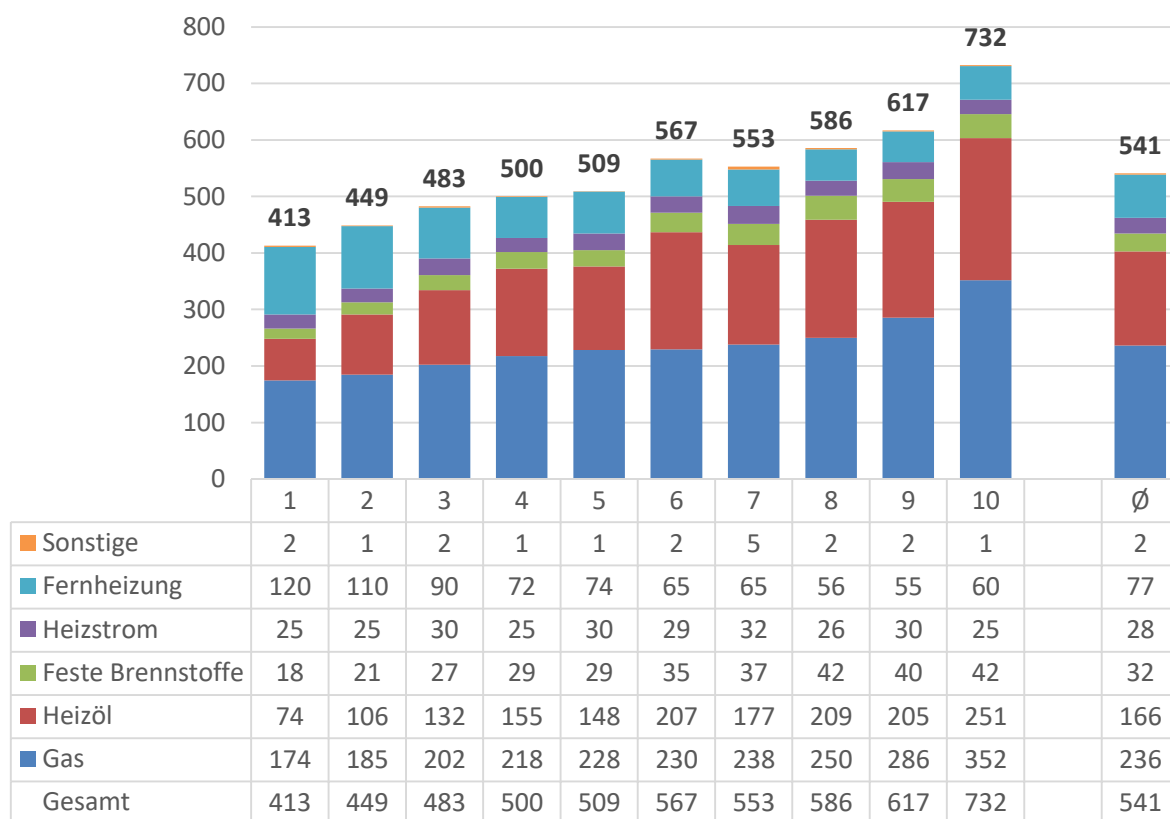
Quelle: FDZ 2010; eigene Berechnung

**Schaubild 35: Heizausgabenanteile nach Energieträgern 2008 (% des Pro-Kopf-Nettoeinkommens)**

Quelle: FDZ 2010; eigene Berechnung

Die Ergebnisse der Auswertungen der EVS2013 bezüglich der jährlichen Ausgaben für Heizenergie sind in Schaubild 36 dargestellt.<sup>80</sup> Durchschnittlich lagen diese im Jahr 2013 bei 541 €/P/a. Anders als im Jahr 2008 ist kein monoton steigender Zusammenhang über die Dezile zu beobachten: Vom sechsten auf das siebte Dezil ist ein leichter Rückgang der Ausgaben zu beobachten. Ansonsten bleibt der streng monoton steigende Zusammenhang über die Dezile jedoch bestehen. Vom ersten Dezil bis zum zehnten Dezil steigen die Ausgaben von 413 €/P/a im ersten Dezil auf 732 €/P/a. Damit liegen die Ausgaben für Heizenergie im zehnten Dezil beim 1,8-fachen des ersten Dezils.

**Schaubild 36: Heizausgaben nach Energieträgern 2013 (€/P/a)**



Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

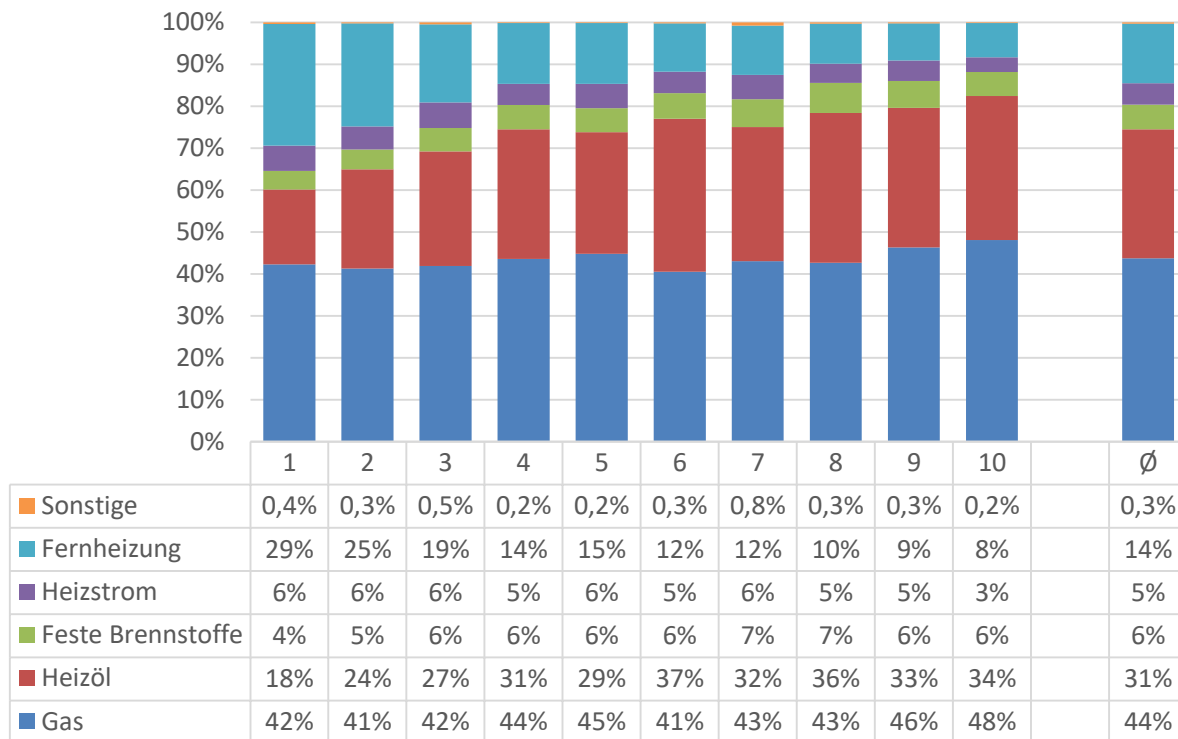
Den größten Anteil an den Heizenergieausgaben (siehe Schaubild 37) machten im Durchschnitt die Ausgaben für „Gas“ mit 44% (236 €/P/a) aus, gefolgt von „Heizöl“ mit 31% (166 €/P/a), „Fernheizung“ mit 14% (77 €/P/a), „Feste Brennstoffe“ mit 6% (32 €/P/a) und „Heizstrom“ mit 5% (28 €/P/a). „Sonstige“ Energieträger haben nur einen Anteil von 0,3% (2 €/P/a). Im Vergleich zu 2008 sind im Jahr 2013 leichte Verschiebungen bei den Energieträgeranteilen zu erkennen, vor allem Heizöl hat an Bedeutung verloren: Durchschnittlich ging sein Anteil um 5 Prozentpunkte zurück. Dahingegen haben feste Brennstoffe (+2 Prozentpunkte) und Fernheizung (+4 Prozentpunkte) an Relevanz gewonnen.

<sup>80</sup> Die Ausgabenwerte sind in differenzierterer Form im Anhang in Tab. 174 Tab. 172 aufgeführt.



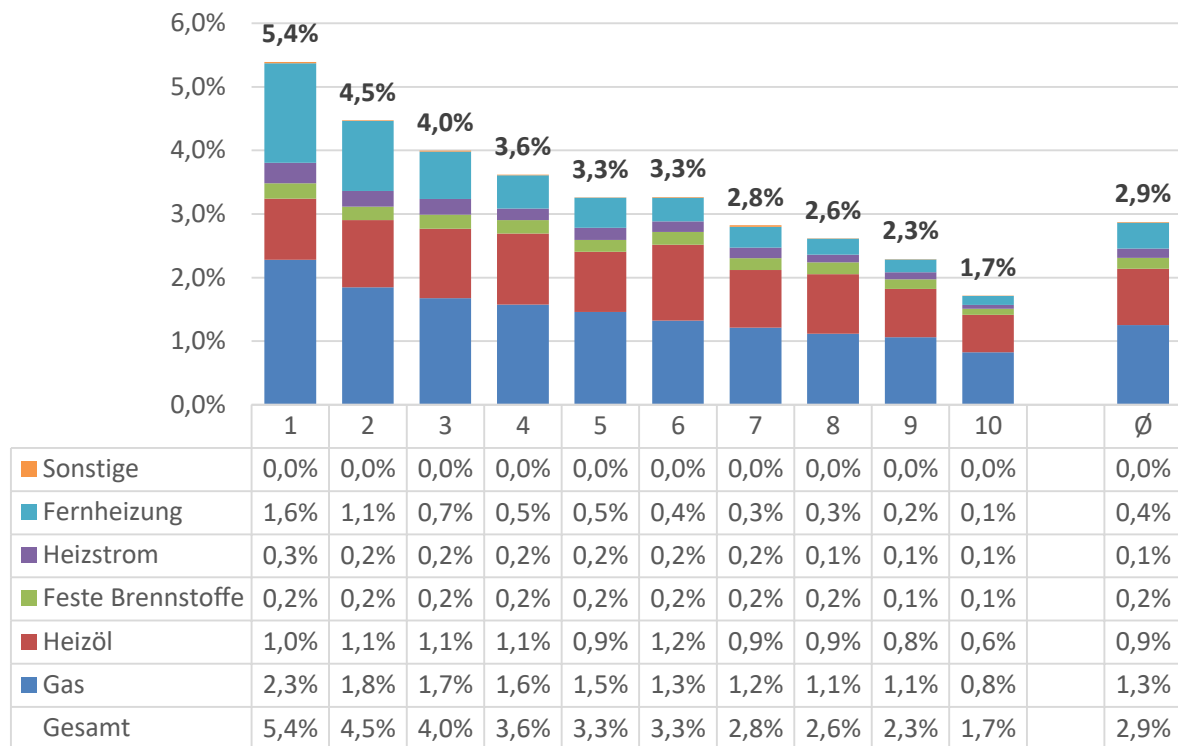
Betrachtet man die Anteile der verschiedenen Brennstoffe aufgeteilt nach Nettoäquivalenzeinkommensdezilen, so zeigen sich im Jahr 2013 deutliche Unterschiede. Der Anteil der Fernheizung liegt im ersten Dezil mit 29% etwa 3,5-mal so hoch wie im zehnten Dezil (8%). Anders beim Heizöl: Hier liegt der Anteil im zehnten Dezil mit 34% etwa doppelt so hoch wie im ersten Dezil (18%). Über alle Dezile hinweg stellt jedoch Gas – wie schon 2008 – den größten Anteil dar mit einer Bandbreite von 41% (2. und 6. Dezil) bis 48% (10. Dezil).

**Schaubild 37: Heizausgaben nach Energieträgern 2013 (% an Heizausgaben)**



Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

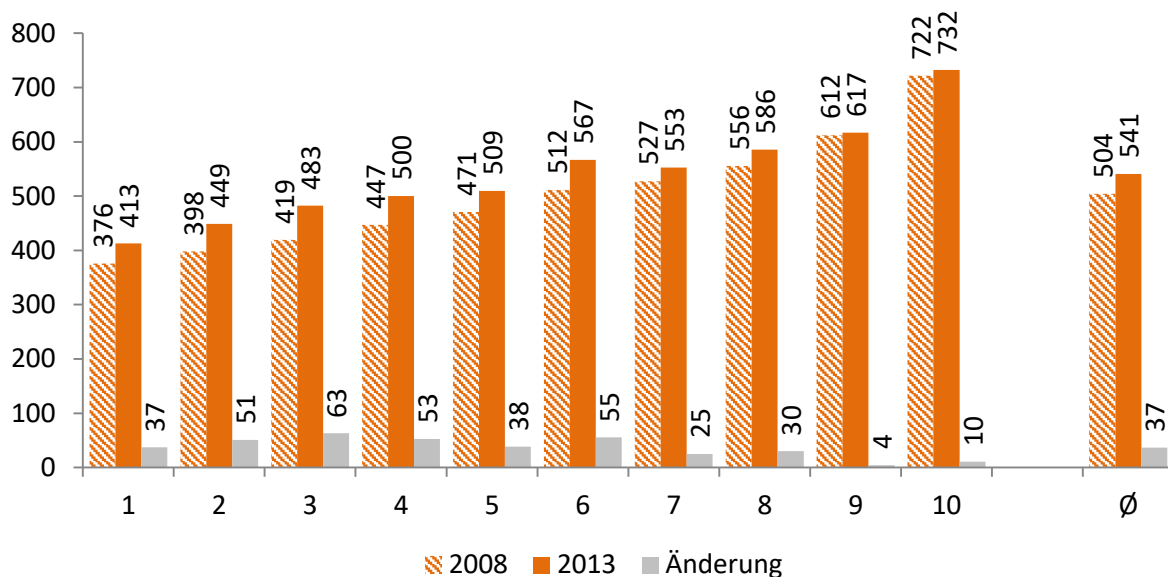
Betrachtet man die Ausgabenanteile für Heizenergie am Haushaltsnettoeinkommen im Jahr 2013 (siehe Schaubild 38), zeigt sich im Unterschied zu der reinen Ausgabenbetrachtung nun ein negativer Zusammenhang. So liegt der Ausgabenanteil im ersten Dezil mit 5,4% am höchsten und fällt dann kontinuierlich auf nur noch 1,7% im zehnten Dezil. Der Anteil des ersten Dezils beträgt also das 3,1-fache des zehnten Dezils. Durchschnittlich liegt der Ausgabenanteil bei 2,9%.

**Schaubild 38: Heizausgabenanteile nach Energieträgern 2013 (% des Pro-Kopf-Nettoeinkommens)**

Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

Die Ausgaben für Heizenergie sind in allen Dezilen von 2008 bis 2013 angestiegen (siehe Schaubild 39). Durchschnittlich betrug die Steigerung 7% (37 €/P/a). Die sowohl prozentual als auch absolut gesehen höchste Ausgabensteigerung lag dabei im dritten Dezil mit 63 €/P/a beziehungsweise 15% vor. Da die Ausgaben im ersten Dezil relativ gesehen im Vergleich zum Jahr 2008 mit einer Steigerung um 10% stärker gestiegen sind als im zehnten Dezil (+1%), ging das Verhältnis von zehntem zu erstem Dezil im Vergleich zu 2008 – wo es noch 1,9 betragen hatte – etwas zurück auf einen Wert von 1,8.

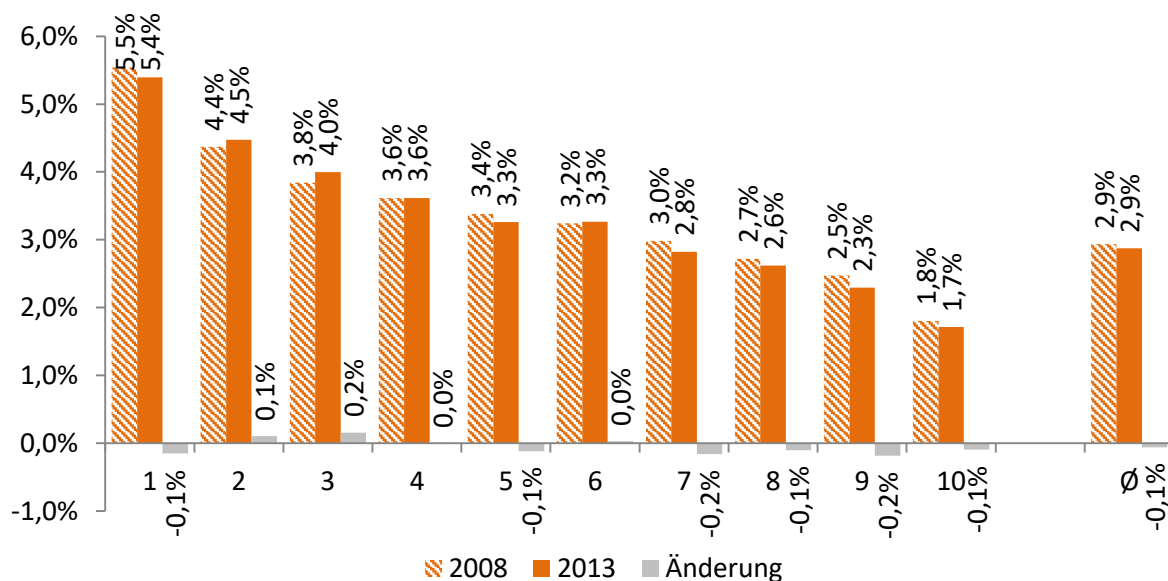
Schaubild 39: Vergleich der Heizausgaben 2008 und 2013 (€/P/a)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Berechnung

Da von 2008 bis 2013 auch die Pro-Kopf-Nettoeinkommen anstiegen (siehe Kapitel 6.3.2), ist der Anteil am Pro-Kopf-Nettoeinkommen, der durchschnittlich für Heizen aufgebracht werden musste, in den Jahren 2008 und 2013 im Durchschnitt mit jeweils 2,9% nahezu identisch – mit leicht fallender Tendenz (siehe Schaubild 40). Dabei zeigt sich über die Dezile ein uneinheitliches Bild: Während im ersten, fünften, siebten, achten, neunten und zehnten Dezil leichte Rückgänge von maximal 0,2 Prozentpunkten zu verzeichnen sind, sind in den Dezilen zwei, drei, vier und sechs leichte Zuwächse von maximal 0,2 Prozentpunkten zu verzeichnen. Das Verhältnis von erstem zu zehntem Dezil beträgt sowohl im Jahr 2008 als auch im Jahr 2013 einen Wert von 3,1.

Schaubild 40: Vergleich der Heizausgaben 2008 und 2013 (% des Pro-Kopf-Nettoeinkommens)



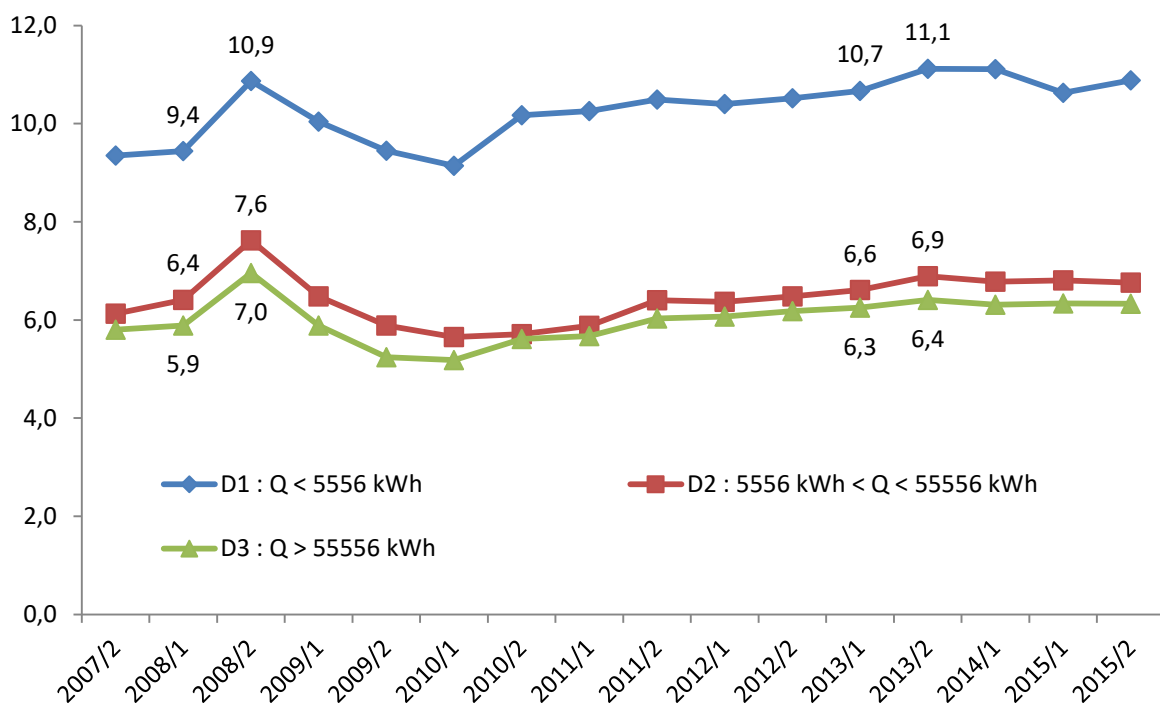
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Berechnung

## 8.4 Aufstellung der Preis-Ausgaben-Funktionen (Schritt 4)

### 8.4.1 Erdgas

Als Datenquelle dient die Tabelle „Gas für Haushaltabnehmer, ab 2007 - halbjährliche Daten [nrg\_pc\_202]“ aus der Datenbank des Statistischen Amtes der Europäischen Union (Eurostat 2016a). Für die eigenen Berechnungen werden Preis-Ausgaben-Funktionen aufgestellt, wobei der Preis pro kWh von zwei Variablen abhängig ist: dem Verbrauch und dem Zeitpunkt.<sup>81</sup> Bezüglich des Zeitpunkts liegen halbjährliche Daten vor, beim Verbrauch wird zwischen drei Gruppen unterschieden.<sup>82</sup>

Schaubild 41: Gaspreise für Haushaltskunden (2008, Y:Ct/kWh)



Quelle: Eurostat 2016a; eigene Berechnung

Die Berechnung entspricht der des Strombereichs. Die Methodik und einzelnen Berechnungsschritte sind dort ausführlich dargestellt (siehe Kapitel 7.4). Deswegen werden diese hier nicht noch einmal ausführlich erläutert, sondern allein auf die letztlich resultierenden Preisfunktionen eingegangen. Die Variablen der Preis-Ausgaben-Funktionen sind in Tab. 41, Tab. 42 und Tab. 43 aufgeführt.

<sup>81</sup> Weitere Einflussfaktoren wie der Ort und der konkrete Stromtarif konnten aufgrund mangelnder Daten nicht berücksichtigt werden.

<sup>82</sup> Die Gruppen sind: Gruppe D1 : Verbrauch < 20 GJ; Gruppe D2 : 20 GJ < Verbrauch < 200 GJ; Gruppe D3 : Verbrauch > 200 GJ. Die dort vorliegenden Angaben in Gigajoule wurden zur besseren Vergleichbarkeit mittels des Faktors 1GJ = 277,778 kWh in kWh umgerechnet (AGEB 2016d).

Tab. 41: Gas – Preise für Verbrauchsmittelwerte

Verbrauchsgruppen	Mittelwert	2008/1	2008/2	2013/1	2013/2
	kWh/Jahr	Euro/kWh			
D1 : Q < 5556 kWh	2.778	0,0944	0,1087	0,1067	0,1112
D2 : 5556 kWh < Q < 55556 kWh	30.556	0,0641	0,0762	0,0661	0,0689
D3 : Q > 55556 kWh	55.556	0,0589	0,0696	0,0625	0,0641

Quelle: Eurostat 2016a; eigene Berechnung

Tab. 42: Gas – Halbjahresspezifische Ausgabenbeträge für Verbrauchsmittelwerte

Verbrauchsgruppen	Mittelwert	2008/1	2008/2	2013/1	2013/2
	kWh/Jahr	Euro/Jahr			
D1 : Q < 5.556 kWh	2.778	262	302	296	309
D2 : 5.556 kWh < Q < 55.556 kWh	30.556	1.959	2.328	2.020	2.105
D3 : Q > 55.556 kWh	55.556	3.272	3.867	3.472	3.561

Quelle: Eurostat 2016a; eigene Berechnung

Tab. 43: Gas – Übersicht der Variablen der Preis-Ausgaben-Funktionen

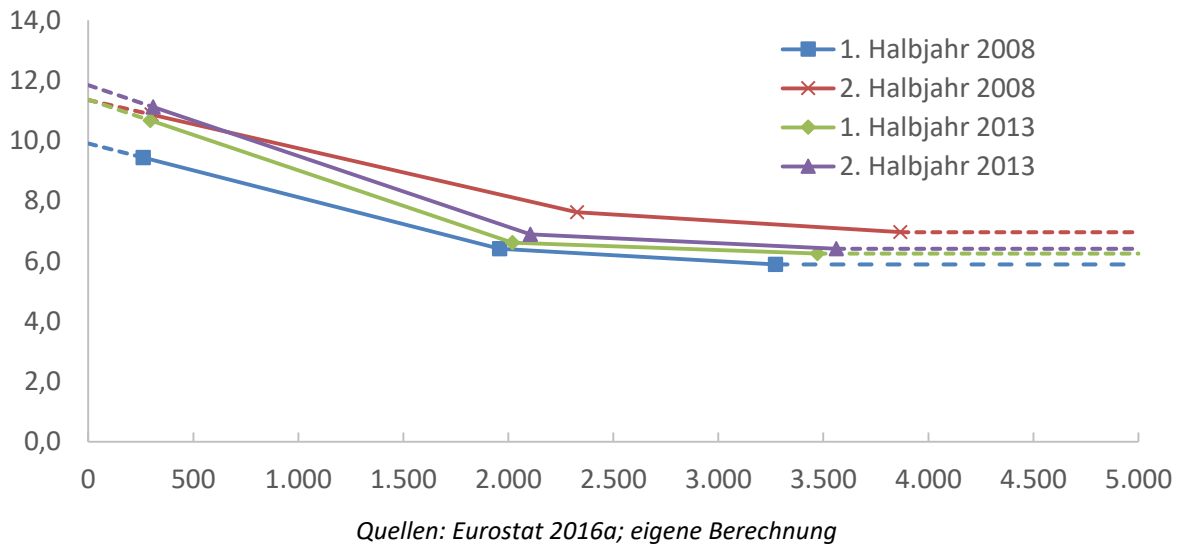
Intervall	2008/1	2008/2	2013/1	2013/2
<b>Ausgabenintervall (€/a)</b>				
Intervall 1: 0 bis 2.778 kWh	0-1.959	0-2.328	0-2.020	0-2.105
Intervall 2: 2.778 bis 30.556 kWh	1.959-3.272	2.328-3.867	2.020-3.472	2.105-3.561
Intervall 3: > 55.556 kWh	3.272	3.867	3.472	3.561
<b>Steigung m (€/kWh)</b>				
Intervall 1: 0 bis 2.778 kWh	-0,0000178615	-0,0000160384	-0,0000235590	-0,0000235472
Intervall 2: 2.778 bis 30.556 kWh	-0,0000039585	-0,0000042903	-0,0000024784	-0,0000032970
Intervall 3: > 55.556 kWh	0	0	0	0
<b>Konstante b (€/kWh)</b>				
Intervall 1: 0 bis 2.778 kWh	0,0990837	0,1135427	0,1136826	0,1184735
Intervall 2: 2.778 bis 30.556 kWh	0,0718531	0,0861892	0,0711058	0,0758411
Intervall 3: > 55.556 kWh	0,0589000	0,0696000	0,0625000	0,0641000

Quelle: Eurostat 2016a; eigene Berechnung

Die resultierenden Preis-Ausgaben-Funktionen sind in Schaubild 42 abgebildet. Wie zu sehen ist, nehmen die zu zahlenden Preise mit steigenden Ausgaben ab. Während beispielsweise im ersten Halbjahr 2013 bei jährlichen Ausgaben in Höhe von 296 €/a ein Preis von 10,7 Ct/kWh gezahlt werden musste, liegt der zu zahlende Preis bei einer Ausgabenhöhe von 2.020 €/a nur noch bei 6,6 Ct/kWh. Dieser fallende Zusammenhang zwischen Ausgaben und Preis ist über alle Halbjahre zu beobachten, wobei er im zweiten Halbjahr 2008 am schwächsten ausfällt. Insgesamt liegen die Preise im zweiten Halbjahr 2008 fast über die gesamte Preis-Ausgaben-Funktion betrachtet am höchsten, nur bei niedrigen jährlichen Ausgaben unter etwa 750 €/a waren lagen die Preise im zweiten Halbjahr 2013 etwas höher.

Die niedrigsten Preise sind über die gesamte Preis-Ausgaben-Funktion im ersten Halbjahr 2008 zu beobachten.

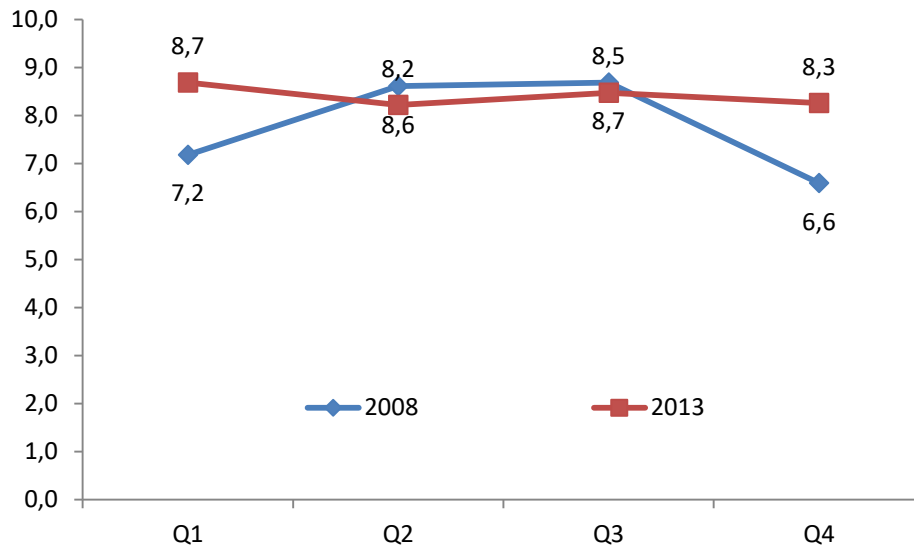
**Schaubild 42: Preis-Ausgaben-Funktionen für Gas (Y: Ct/kWh; X: €/a)**



#### 8.4.2 Heizöl

Die Preise für Heizöl stammen aus Daten des BMWi. Das BMWi veröffentlicht verschiedenste Informationen aus dem Energiebereich regelmäßig in der Reihe „Energiedaten“ (BMWi 2014). Die Preisdaten für Heizöl entstammen der Tabelle 26a „Entwicklung von monatlichen Energiepreisen zu nominalen Preisen“. Dort liegen sie auf monatlicher Basis vor. Um diese für die EVS-Daten nutzbar zu machen, waren zwei Berechnungsschritte notwendig. Erstens wurden die monatlichen Werte zu Quartalswerten zusammengefasst. Zweitens wurden mittels des Energieeinheitenrechners der AGEB (AGEB 2016d) die in Liter vorliegenden Angaben in Kilowattstunden umgerechnet.<sup>83</sup>

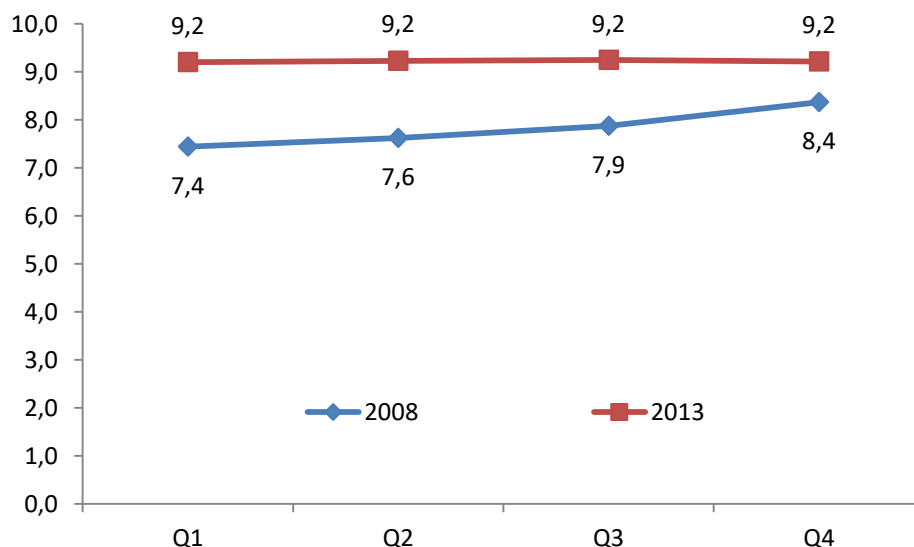
<sup>83</sup> Umrechnungsfaktor: 1 Liter leichtes Heizöl = 9,92746210863 kWh

**Schaubild 43: Preise für Heizöl (Ct/kWh)**

Quelle: BMWi 2014; eigene Berechnung

### 8.4.3 Fernheizung

Die Preise für die Position Fernheizung stammen ebenfalls aus Tabelle 26a „Entwicklung von monatlichen Energiepreisen zu nominalen Preisen“ der bereits genannten Quelle des BMWi (BMWi 2014). Dort liegen sie auf monatlicher Basis vor. Wieder wurde eine Umrechnung auf Quartalswerte vorgenommen und mittels des Energieeinheitenrechners der AGEB (AGEB 2016d) die in Gigajoule vorliegende Angabe in Kilowattstunden umgerechnet.<sup>84</sup>

**Schaubild 44: Preise für Fernwärme (Ct/kWh)**

Quelle: BMWi 2014; eigene Berechnung

<sup>84</sup> Umrechnungsfaktor: 1 GJ = 277,778 kWh

#### 8.4.4 Feste Brennstoffe

Bei den festen Brennstoffen wird in der EVS nicht zwischen verschiedenen festen Brennstoffen (Steinkohle, Braunkohle, Stückholz, Holzpellets, ...) unterschieden. Um einen sinnvollen Durchschnittspreis für diesen Ausgabenposten berechnen zu können, werden zur Schätzung des Ausgabenanteils der verschiedenen festen Brennstoffe deren Anteile am Energieverbrauch verwendet. Dazu wird auf die gemeinsam von RWI und forsa durchgeführten Energieverbrauchserhebungen privater Haushalte zurückgegriffen (Frondelet al. 2013: Tabelle 33; Frondelet al. 2015a: Tabelle Hochrechnung 5). Anschließend wurde versucht, für jede der genannten Energieträger einen Preis zu recherchieren.

Für den Durchschnittspreis von Stein- und Braunkohle wird erneut auf die Daten des BMWi zurückgegriffen (BMWi 2014: Tabelle 26a). Es wird der Jahresdurchschnittspreis der Position „Briketts“ von 2008 verwendet. Leider wird nach dem Jahr 2009 kein Preis mehr für die Position „Briketts“ ausgewiesen. Für 2013 wird deswegen mangels neuerer Daten der Durchschnittspreis von 2009 verwendet. Zur Umrechnung von Kilogramm in Kilowattstunden wird der Energieeinheitenumrechner der AGEB verwendet (AGEB 2016d). Eine Unterscheidung zwischen Stein- und Braunkohlebriketts wird leider nicht vorgenommen. Deswegen wird ein durchschnittlicher Umrechnungsfaktor von Stein- und Braunkohlen berechnet. Dabei gehen die unterschiedlichen Energiedichten von Steinkohlebriketts (1 kg = 8,722506978) und Braunkohlebriketts (1 kg = 5,425559896) entsprechend ihres Anteils am Energieverbrauch (siehe Tab. 44) in die Durchschnittspreisberechnung ein. Im Ergebnis liegt der Preis für Kohle sowohl im Jahr 2008 also auch im Jahr 2009 bei 4,8 Cent pro kWh. Der Wert von 2009 wird mangels neuerer Daten für das Jahr 2013 als Schätzung verwendet.

Bei Energieträgern aus dem Bereich „Holz“ ist die Bestimmung eines durchschnittlichen Preises ebenfalls sehr schwierig. Für eine näherungsweise Schätzung wird für „Stückholz“ auf Daten des Technologie- und Förderzentrums im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) zurückgegriffen. Konkret wird der Preis von der TFZ-Position „Scheitholz (hart, trocken, 33 cm, gespalten, bis 10 km Umkreis)“ (TFZ 2016) eingesetzt. Für „Hackschnitzel, Briketts“ werden die Preise von „Hackschnitzel (35% Wassergehalt, 80 SRm, bis 20 km Anlieferung)“ und für „Holzpellets“ die Preise von „Holzpellets (5t lose, 50 km Umkreis)“ genommen. Die monatlichen Werte wurden in tabellarischer Form auf Anfrage vom TFZ zur Verfügung gestellt.<sup>85</sup> Aus deren Basis wurde ein mittlerer Jahrespreis errechnet.

In Tab. 44 sind die verwendeten Preise sowie die Berechnung zum Durchschnittspreis „Feste Brennstoffe“ aufgeführt. Die Hochrechnungen von RWI und forsa zeigen eine sehr starke Dominanz des festen Energieträgers „Stückholz“. Dieser machte 87% (2008) beziehungsweise 83% (2013) des gesamten

---

<sup>85</sup> Freundlicherweise per E-Mail von Kathrin Bruhn vom TFZ am 18.08.2016 zur Verfügung gestellt.



Energieverbrauchs fester Brennstoffe aus. Dementsprechend hat auch dessen Preis einen bestimmten Einfluss auf den Gesamtpreis. Da dieser von 2008 bis 2013 von 4,9 Ct/kWh auf 5,7 Ct/kWh angestiegen ist, erhöht sich auch der geschätzte Durchschnittspreis fester Brennstoffe von 4,7 Ct/kWh auf 5,5 Ct/kWh. Aufgrund der relativ schwierigen Datenlage und der Aggregation verschiedener Energieträger, muss dieser Preis jedoch als ungefähre Schätzung angesehen werden. Dementsprechend müssen auch die Ergebnisse der Verbrauchsauswertungen für die Brennstoffart „feste Brennstoffe“ vorsichtig interpretiert werden. Bezogen auf die Gesamtergebnisse fallen mögliche Ungenauigkeiten in diesem Bereich allerdings nur relativ gering ins Gewicht, da feste Brennstoffe nur für 4% (2008) beziehungsweise 6% (2013) der Gesamtheizungsausgaben verantwortlich sind (siehe Kapitel 8.3.2).

**Tab. 44: Preisberechnung für feste Brennstoffe**

Energieträger	Verbrauch (PJ)		Anteile		Preise (Ct/kWh)	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013
Braunkohle	10	9	4%	3%	4,8	4,8
Steinkohle	6	4	2%	1%		
Stückholz	242	219	87%	83%	4,9	5,8
Hackschnitzel, Briketts	10	11	4%	4%	2,4	3,0
Holzpellets	10	22	3%	8%	4,0	5,8
<b>Feste Brennstoffe</b>	<b>277</b>	<b>264</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>4,7</b>	<b>5,5</b>

Quellen: Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; BMWi 2014; TFZ 2016; eigene Darstellung

#### 8.4.5 Heizstrom

Die Preise von Haushalts- und Heizstrom weichen deutlich voneinander ab. Der niedrigere Preis für Heizstrom beruht laut Untersuchungen von Weiß und Pehnt (2013) auf folgenden Umständen:

*„Insgesamt tragen Strombeschaffung und -vertrieb zu etwa einem Drittel des Preisunterschiedes bei. Netznutzungsentgelte, Messung und Abrechnung machen ein gutes weiteres Drittel aus, Umsatzsteuer und Konzessionsabgabe je etwa ein Sechstel. Weitere Kostenbestandteile, die für Heizstrom und Haushaltsstrom in gleicher Weise zum Tragen kommen, sind die KWK Umlage, §19 Umlage, EEG Umlage und Stromsteuer.“ (Weiß und Pehnt 2013: 6)*

Leider liegen aus offiziellen Quellen keine Daten zu Preisen von Heizstrom vor. Deswegen muss teilweise auf weniger belastbare Quellen zurückgegriffen werden und der Preis für Heizstrom über diese geschätzt werden. Zurückgegriffen wird dafür auf Daten des Internetportals „heizungsvergleich.de“. Dort werden Preise für Heizstrom für die Jahre 2005 bis 2014 (Stand: 07.08.2017) ausgewiesen Zimmermann 2016.

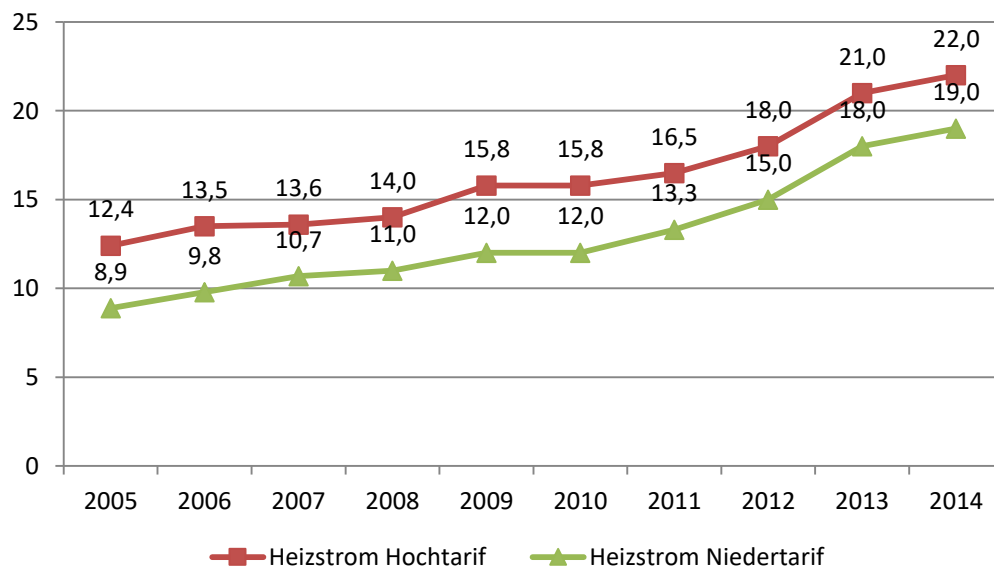
Tab. 45: Tarife für Heizstrom und Haushaltsstrom im Vergleich

Preisbestandteil	Heizstrom	Haushaltsstrom	Anteil an Differenz zwischen Haushaltsstrom und Heizstrom
	Ct/kWh	Ct/kWh	
<b>Strombeschaffung Stromvertrieb</b>	5,72	6,28 2,11	32%
<b>Netznutzung</b>	3,20	6,04	34%
<b>KWK-Umlage</b>	0,002	0,002	-
<b>§19-Umlage</b>	0,151	0,151	-
<b>Konzessionsabgabe</b>	0,11	1,68	19%
<b>EEG-Umlage</b>	3,592	3,592	-
<b>Stromsteuer</b>	2,05	2,05	-
<b>Umsatzsteuer</b>	2,82	4,16	16%
<b>Summe</b>	<b>17,64</b>	<b>26,06</b>	<b>100%</b>

Quelle: Weiß und Pehnt 2013; eigene Darstellung

Ein Vergleich der Daten von heizungsvergleich.de (Schaubild 45) mit denen des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) zeigt im Jahr 2012 relativ ähnliche Preise (Tab. 45). So liegt der Preis für Heizstrom laut heizungsvergleich.de zwischen 15,0-18,0 Ct/kWh (Nieder-/Hochtarif), beim ifeu im Schnitt bei 17,64 Ct/kWh.

Schaubild 45: Preise für Heizstrom



Quelle: Zimmermann 2016; eigene Darstellung

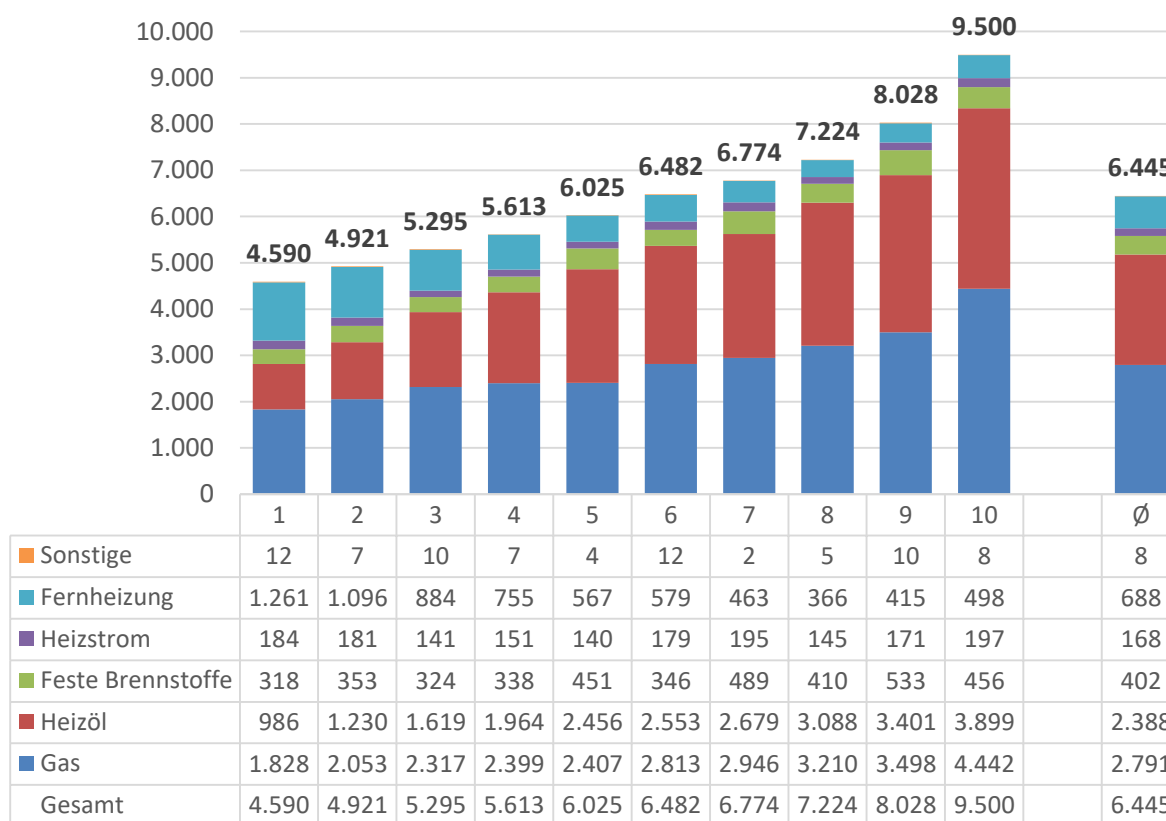
Im Jahr 2008 liegt der Preis für Heizstrom laut heizungsvergleich.de im Hochtarif bei 14,0 Ct/kWh und im Niedertarif bei 11 Ct/kWh. Da keine Angaben darüber vorliegen, zu welchen Anteilen im Nieder- und Hochtarif der Heizstrom bezogen wurde, wird für die Verbrauchsberechnungen des Jahres 2008 der höhere Preis für Heizstrom im Hochtarif von 14,0 Ct/kWh als Schätzung verwendet. Dadurch wird der Heizstromverbrauch tendenziell eher unter- als überschätzt. Auf gleiche Weise wird für das Jahr

2013 vorgegangen. Auch hier wird der Hochtarif von 21,0 Ct/kWh als Schätzwert verwendet. Wie zu sehen ist, hat sich der Preis für Heizstrom deutlich erhöht. Beim Vergleich der beiden verwendeten Werte der Jahre 2008 und 2013 zeigt sich ein Anstieg um 50% (7,0 Ct/kWh).

## 8.5 Berechnung der Verbräuche (Schritt 5)

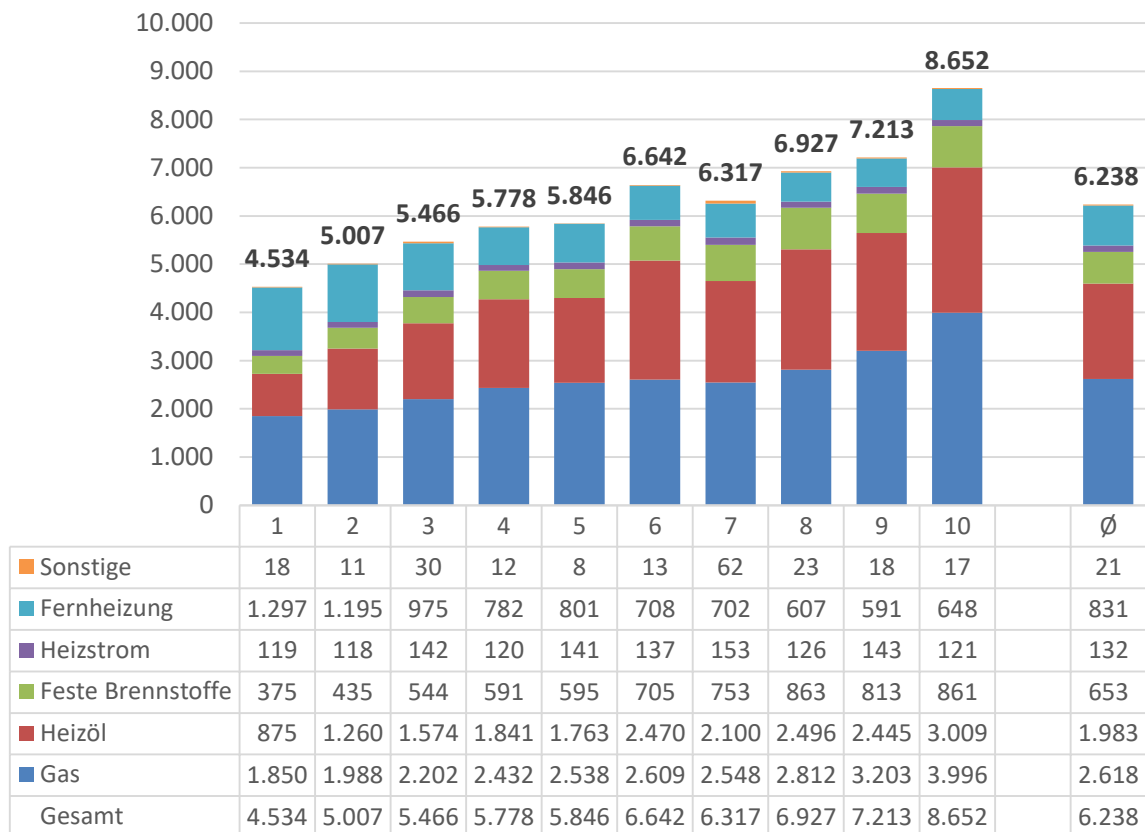
Für das Jahr 2008 ergeben die auf den Ausgaben und Preisdaten beruhenden Auswertungen, dass durchschnittlich pro Person und Jahr 6.445 kWh verbraucht wurden (siehe Schaubild 46). Dabei ist ein streng monoton steigender Verlauf über die Dezile von 4.590 kWh/P/a im ersten bis auf 9.500 kWh/P/a im zehnten Dezil zu beobachten. Damit verbrauchte das zehnte Dezil das 2,1-fache des ersten Dezils.

Schaubild 46: Heizenergieverbrauch nach Energieträgern 2008 (kWh/P/a)



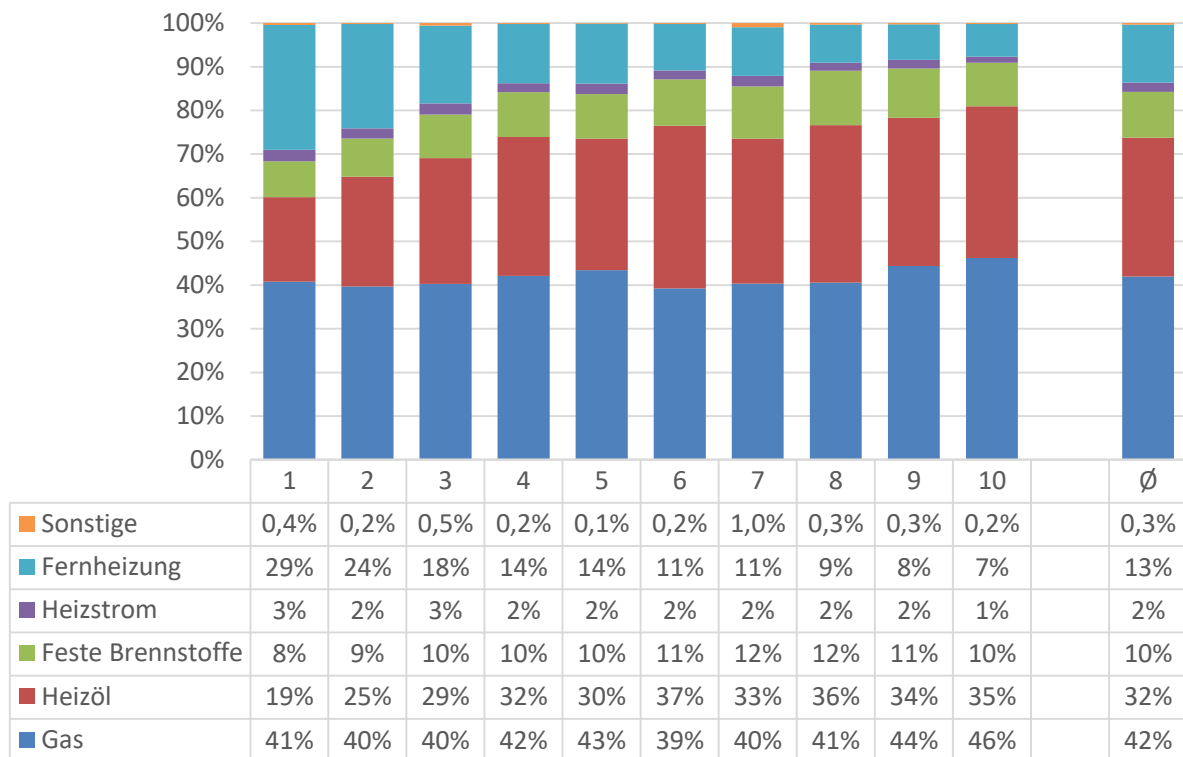
Quellen: FDZ 2010; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

Im Jahr 2013 liegen die durchschnittlichen Heizenergieverbräuche bei 6.238 kWh/P/a (siehe Schaubild 47). Wie schon bei den Ausgaben ist hier jedoch kein streng monoton steigender Verlauf zu erkennen: das siebte Dezil fällt aus der Reihe. Bei diesem fällt der durchschnittliche Verbrauch ab. Ansonsten gilt der progressive Zusammenhang: Der Verbrauch steigt vom ersten Dezil mit durchschnittlichen Verbräuchen in Höhe von 4.534 auf 8.652 kWh/P/a an.

**Schaubild 47: Heizenergieverbrauch nach Energieträgern 2013 (kWh/P/a)**

Quellen: FDZ 2016; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

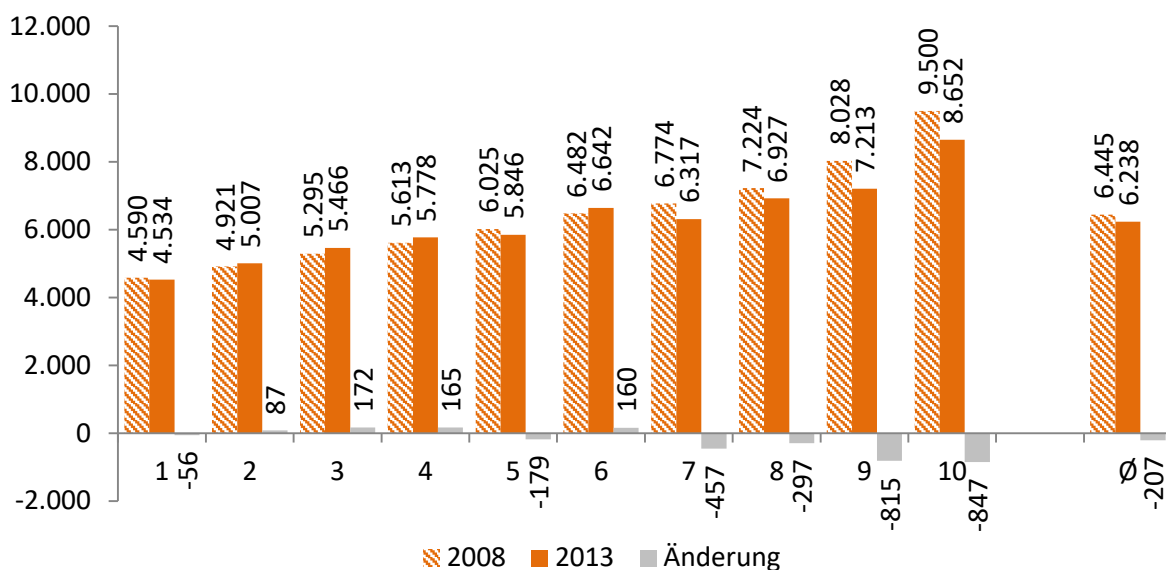
Den größten Anteil an den Heizausgaben machte im Jahr 2013 über alle Dezile hinweg der Brennstoff „Gas“ mit durchschnittlich 42% aus (siehe Schaubild 48). Er betrug maximal 46% im zehnten Dezil und minimal 39% im zehnten Dezil. In allen Dezilen außer dem ersten folgt auf dem zweiten Platz das Heizöl. Im ersten Dezil liegt hingegen die Fernheizung mit 29% auf dem zweiten Platz. Der Anteil der Fernheizung sinkt über die Dezile monoton ab, bis er im zehnten Dezil nur noch bei 7% liegt.

**Schaubild 48: Heizenergieverbrauch nach Energieträgern 2013 (% an Heizungsverbrauch)**

Quellen: FDZ 2016; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

Beim Vergleich der Heizenergieverbräuche der Jahre 2008 und 2013 (siehe Schaubild 49) zeigt sich, dass dieser durchschnittlich um 3% (-207 kWh/P/a) zurückging. Dabei zeigen sich unterschiedliche Entwicklungen über die Dezile. Im ersten, fünften, siebten, achten, neunten und zehnten Dezil sind Rückgänge zu verzeichnen, wobei der größte absolute Rückgang im zehnten Dezil mit 847 kWh/P/a (-9%) und der größte relative Rückgang im neunten Dezil mit 10% (-815 kWh/P/a) zu verzeichnen ist. In den Dezilen zwei, drei vier und sechs sind hingegen Erhöhungen festzustellen. Die größte absolute und relative Erhöhung lag mit 172 kWh/P/a beziehungsweise 3% im dritten Dezil vor. Die eher in den oberen Dezilen zu beobachtende Einsparung an Energie könnte dabei unter anderem mit den höheren zur Verfügung stehenden Mitteln zur energetischen Sanierung, sowie mit höheren Eigentümerquoten und damit höheren Anreizen zur energetischen Sanierung (kein „Vermieter-Mieter-Dilemma“, siehe Kapitel 8.2) erklärt werden.

Schaubild 49: Vergleich des Heizenergieverbrauchs 2008 und 2013 (kWh/P/a)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

## 8.6 Berechnung der Emissionen (Schritt 6)

### 8.6.1 Emissionsfaktoren

Als Emissionsfaktoren werden Daten aus der GEMIS-Datenbank v4.94 verwendet (IINAS 2015). Weil aus der EVS keine genauen Spezifikationen bezüglich der Heizungsanlagen (Alter, Qualität, ...) vorliegen, kann in der vorliegenden Arbeit nur mit durchschnittlichen Emissionsfaktoren gerechnet werden. Deshalb – und weil in GEMIS keine Heizungsemissionsfaktoren für das Jahr 2013 vorliegen – werden sowohl für das Jahr 2008 als auch für das Jahr 2013 die in GEMIS vorliegenden Emissionsfaktoren des Jahres 2010 verwendet. Eine Ausnahme bildet der Heizstrom. Für diesen werden die im Haushaltsstromkapitel berechneten jahresspezifischen Emissionsfaktoren verwendet (siehe Kapitel 7.6.1). Außerdem war es notwendig, die aus den EVS vorliegenden energieträgerspezifischen Ausgabenpositionen den GEMIS-Emissionsfaktoren zuzuordnen. Diese Zuordnung ist in Tab. 46 abgebildet.

In Ermangelung anderer Angaben wurde der Heizausgabenposition „Sonstige“ dem GEMIS-Heizprozess für Gas zugeordnet. Dies wird damit begründet, dass Gas den größten Ausgabenanteil ausmacht. Natürlich handelt es sich bei den Emissionsdaten der Ausgabenposition „Sonstiges“ damit nur um eine ungefähre Schätzung. Wegen der geringen Bedeutung dieser Ausgabenposition (0,1% (2008) beziehungsweise 0,3% (2013) der Heizausgaben), ist der insgesamt entstehende Fehler jedoch als gering einzuschätzen.

Tab. 46: Zuordnung der GEMIS-Heizprozesse auf die Ausgabeklassen

Ausgabeklasse	GEMIS-Prozess
Gas	Gas-Heizung-DE-2010 (Endenergie)
Heizöl	Öl-Heizung-DE-2010 (Endenergie)
Feste Brennstoffe	Braunkohle-Brikett-Heizung-DE-Lausitz-2010 (Endenergie)
	Braunkohle-Brikett-Heizung-DE-rheinisch-2010 (Endenergie)
	Kohle-Brikett-Heizung-DE-2010 (Endenergie)
	Holz-Stücke-Heizung-DE-2010 (Endenergie)
	Holz-HS-Waldholz-Heizung-10 kW-2010 (Endenergie)
	Holz-Pellet-Holzwirtsch.-Heizung-10 kW-2010 (Endenergie)
Heizstrom	siehe Kapitel Haushaltsstrom
Fernheizung	Fernwärme-Heizung-DE-2010/en
Sonstige	Gas-Heizung-DE-2010 (Endenergie)

Quelle: IINAS 2015; eigene Zuordnung

Dem Energieträger „Feste Brennstoffe“ wurde aufgrund seiner Diversität mehr als ein GEMIS-Heizprozess zugeordnet. Zur Berechnung der durchschnittlichen geschätzten Emissionsfaktoren für feste Brennstoffe wurde wie bei den Preisberechnungen (siehe Kapitel 8.4.4) auf die gemeinsam von RWI und forsa durchgeführten Energieverbrauchserhebungen und Hochrechnungen zurückgegriffen (Fron-del et al. 2013: Tabelle 33; Frondel et al. 2015a: Tabelle Hochrechnung 5). Aus den Verbrauchswerten der Jahre 2008 und 2013 wurde dazu ein Mittelwert gebildet, da eine jahresspezifische Ausweisung der Emissionsfaktoren in diesem Bereich angesichts der vielen Unsicherheiten als nicht gerechtfertigt angesehen wird. Gewichtet mit den in Tab. 47 aufgeführten mittleren Verbrauchsanteilen, wurden aus den in Tab. 46 aufgeführten Heizenergie-Prozessen durchschnittliche Emissionsfaktoren für die Ausgabeposition „Feste Brennstoffe“ berechnet.

Tab. 47: Zusammensetzung der festen Brennstoffe

Energieträger	Anteile			GEMIS-Prozess
	2008	2013	Mittelwert	
Braunkohle	4%	3%	4%	50% Braunkohle-Brikett-Heizung-DE-Lausitz-2010 (Endenergie)
				50% Braunkohle-Brikett-Heizung-DE-rheinisch-2010 (Endenergie)
Steinkohle	2%	1%	2%	Kohle-Brikett-Heizung-DE-2010 (Endenergie)
Stückholz	87%	83%	85%	Holz-Stücke-Heizung-DE-2010 (Endenergie)
Hackschnitzel, Briketts	4%	4%	4%	Holz-Pellet-Holz-wirtsch.-Heizung-10 kW-2010 (Endenergie)
Holzpellets	3%	8%	6%	Holz-HS-Waldholz-Heizung-10 kW-2010 (Endenergie)

Quellen: IINAS 2015; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; eigene Berechnung und Zuordnung

In Tab. 48 sind die zur Berechnung der Emissionen verwendeten Emissionsfaktoren aufgeführt. Für Heizstrom werden die bereits im Haushaltsstromkapitel (siehe Kapitel 7.6.1) vorgestellten jahresspezifischen Emissionsfaktoren eingesetzt.

Tab. 48: Emissionsfaktoren Wärme (g/kWh)

Schadstoff	Gas	Heizöl	Feste Brennstoffe	Fernheizung	Sonstige (Gas)	Strom 2008	Strom 2013
<b>Treibhausgase</b>							
CO <sub>2</sub>	2,28E+02	3,16E+02	2,93E+01	2,87E+02	2,28E+02	5,86E+02	5,87E+02
CH <sub>4</sub>	7,15E-01	9,10E-02	3,54E-01	6,29E-01	7,15E-01	7,90E-01	6,78E-01
N <sub>2</sub> O	2,26E-03	3,70E-03	6,29E-03	1,46E-02	2,26E-03	2,88E-02	4,31E-02
Perfluormethan	3,09E-07	1,28E-06	2,25E-06	9,37E-07	3,09E-07	2,45E-05	3,95E-05
Perfluoraethan	3,90E-08	1,61E-07	2,84E-07	1,18E-07	3,90E-08	3,09E-06	4,98E-06
CO <sub>2e</sub>	2,50E+02	3,20E+02	4,16E+01	3,10E+02	2,50E+02	6,18E+02	6,19E+02
<b>Luftschadstoffe</b>							
SO <sub>2</sub>	1,21E-02	2,86E-01	1,74E-01	1,41E-01	1,21E-02	3,39E-01	3,44E-01
NO <sub>x</sub>	1,86E-01	2,16E-01	1,98E-01	4,13E-01	1,86E-01	5,59E-01	5,73E-01
PM <sub>10</sub>	7,23E-03	2,45E-02	1,82E-01	2,04E-02	7,23E-03	3,59E-02	4,10E-02
NM VOC	3,55E-02	4,82E-02	6,83E-01	4,85E-02	3,55E-02	2,63E-02	2,62E-02
NH <sub>3</sub>	7,08E-04	9,02E-04	1,06E-03	2,01E-03	7,08E-04	4,11E-02	1,20E-01

Quellen: IINAS 2015; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; eigene Berechnung

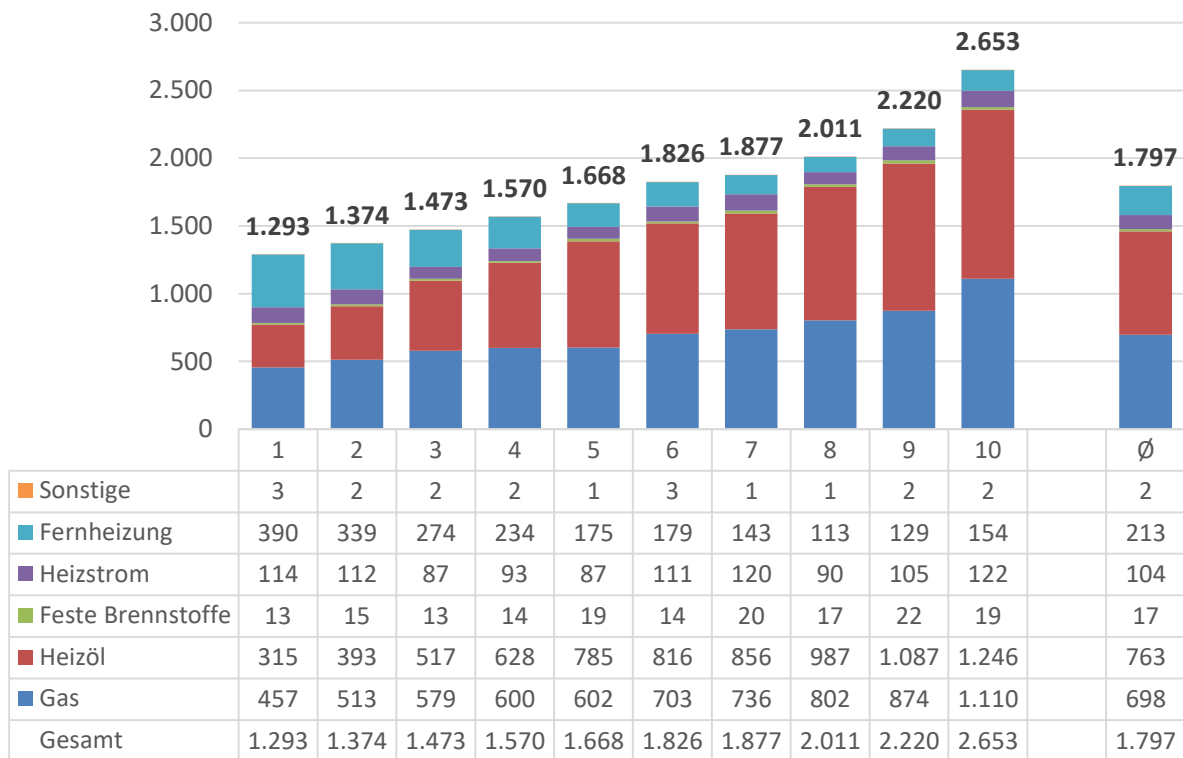
## 8.6.2 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden allein die Ergebnisse der THG-Emissionen vorgestellt. Die Ergebnisse der Luftschadstoffe sind im Anhang in Tab. 177 (2008) und Tab. 178 (2013) aufgeführt.



Die durch die Wärmeerzeugung in privaten Haushalten ausgelösten THG-Emissionen lagen im Jahr 2008 bei durchschnittlich 1.797 kg CO<sub>2</sub>e/P/a (siehe Schaubild 50). Dabei steigen sie streng monoton über die Dezile von 1.293 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im ersten Dezil auf 2.653 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im zehnten Dezil an. Damit emittierte das zehnte Dezil durch Heizen 2,1-mal so viele THG wie das erste Dezil.

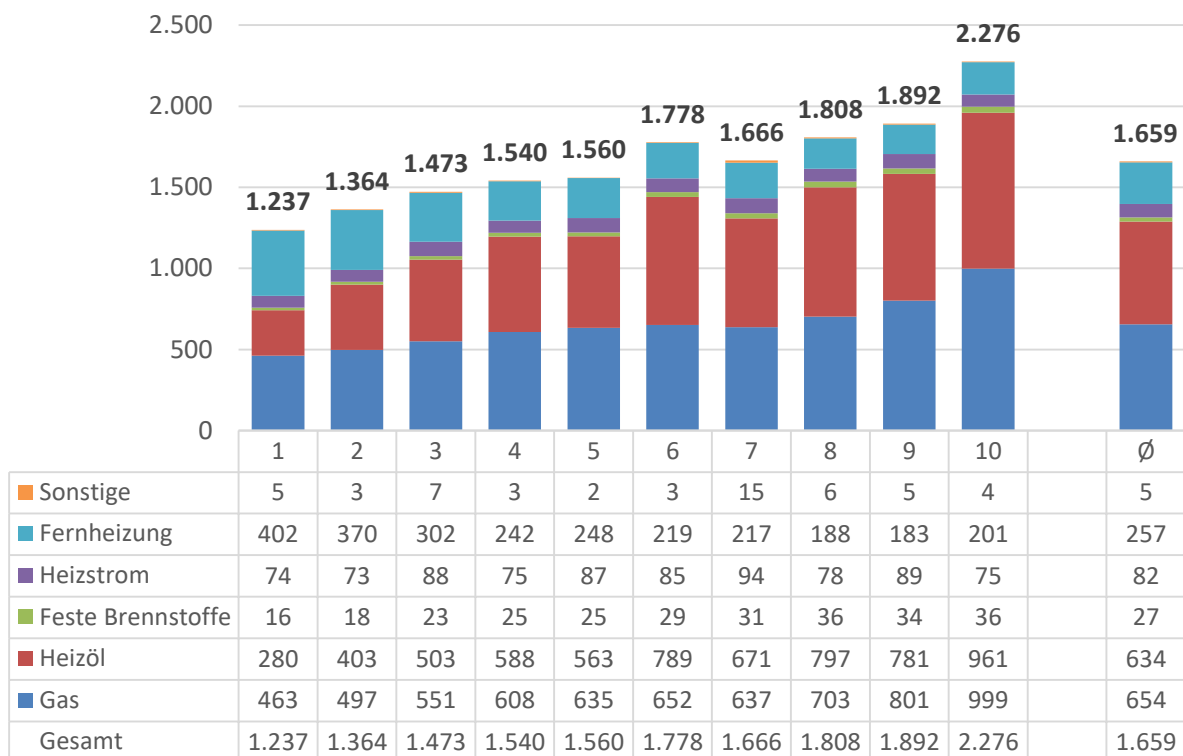
**Schaubild 50: THG-Emissionen durch Heizen nach Energieträgern 2008 (kg CO<sub>2</sub>e/P/a)**



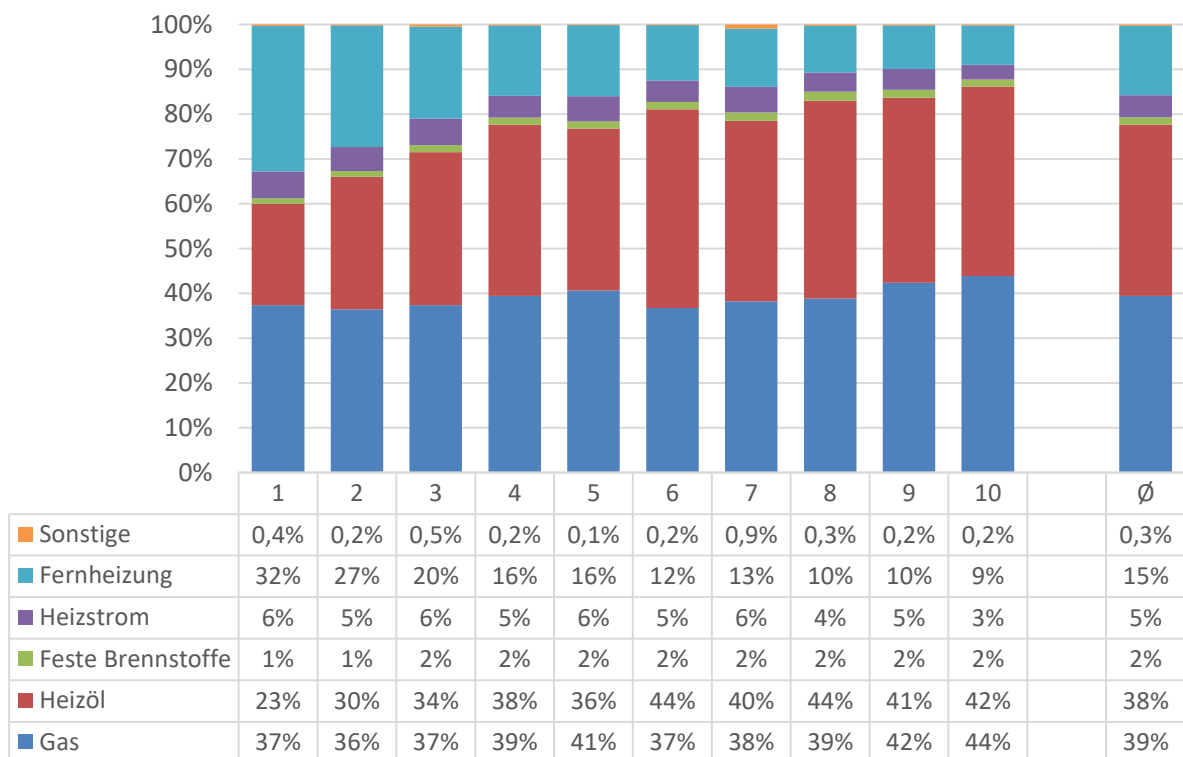
Quellen: FDZ 2010; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

Im Jahr 2013 lagen die durchschnittlichen THG-Emissionen pro Person bei 1.659 kg CO<sub>2</sub>e/P/a (siehe Schaubild 51). Mit Ausnahme des siebten Dezils liegt (wie im Jahr 2008) ein streng monoton steigender Verlauf vor: Im ersten Dezil wurden 1.237 kg CO<sub>2</sub>e/P/a emittiert, im zehnten Dezil 2.276 kg CO<sub>2</sub>e/P/a. Im Vergleich zum ersten Dezil emittierte das zehnte Dezil damit das 1,8-fache an THG.

Dabei liegen die Energieträger Gas und Heizöl mit durchschnittlich 39% beziehungsweise 38% beinahe gleichauf, was die Anteile an den THG-Emissionen angeht (siehe Schaubild 48). Im Vergleich zu den Verbräuchen fand damit eine Verschiebung in Richtung Heizöl statt, da dessen THG-Emissionsfaktor höher liegt als der von Gas: Dort betrug der durchschnittliche Anteil von Heizöl noch 32% und der von Gas 42% (siehe Kapitel 8.5). Mit einem Anteil von 15% folgt die Fernheizung auf dem dritten Platz. Es gibt dabei große Unterschiede zwischen den Dezilen. Es lässt sich feststellen, dass die Fernheizung in den unteren Dezilen eine deutlich größere Rolle spielt: Im ersten Dezil liegt der Anteil der Fernheizung bei 32%, im zehnten Dezil nur bei 9%. In den oberen Dezilen ist hingegen der Anteil des Heizöls deutlich größer: Im zehnten Dezil liegt der Anteil des Heizöls bei 42%, im ersten Dezil hingegen nur bei 23%.

**Schaubild 51: THG-Emissionen durch Heizen nach Energieträgern 2013 (kg CO<sub>2</sub>e/P/a)**

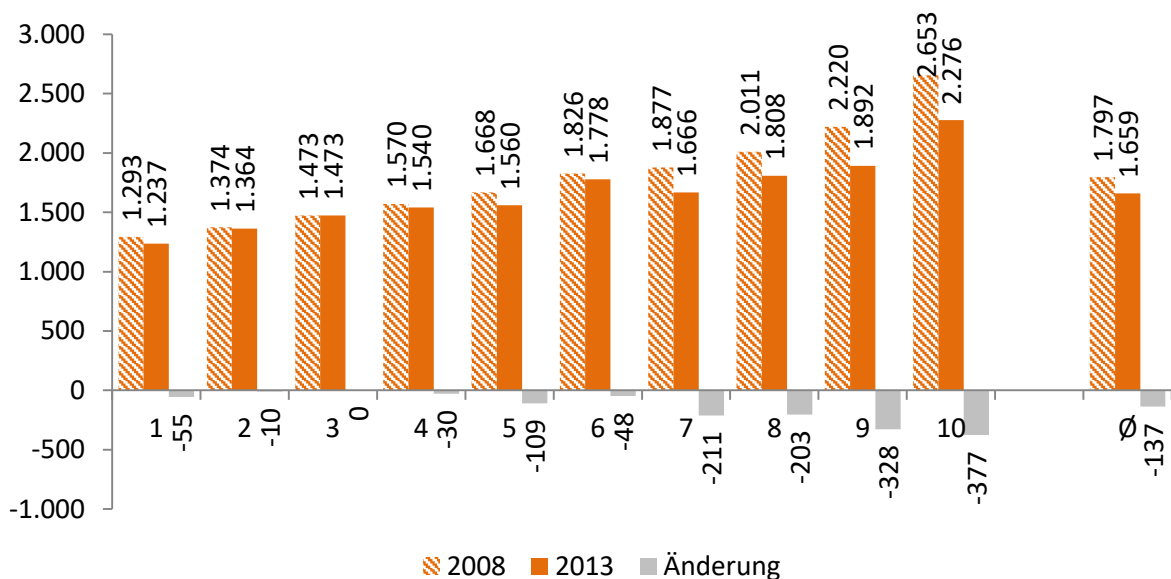
Quellen: FDZ 2016; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

**Schaubild 52: THG-Emissionen durch Heizen nach Energieträgern 2013 (% an THG-Emissionen durch Heizen)**

Quellen: FDZ 2016; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

Beim Vergleich der THG-Emissionen durch Heizen der Jahre 2008 und 2013 zeigt sich, dass die Emissionen durchschnittlich um 8% (-137 kg CO<sub>2</sub>e/P/a) zurückgegangen sind. Dabei schwankt der prozentuale Rückgang zwischen 0% (3. Dezil) und 15% (9. Dezil). Absolut gesehen ist der höchste Rückgang im zehnten Dezil mit 377 kg CO<sub>2</sub>e/P/a zu verzeichnen. Insgesamt lässt sich festhalten, dass der Rückgang in den oberen Dezilen stärker ausfällt als in den unteren Dezilen. So beträgt der durchschnittliche prozentuale Rückgang der Dezile sieben bis zehn 13%, der der Dezile eins bis sechs hingegen nur 3%.

**Schaubild 53: Vergleich der THG-Emissionen durch Heizen 2008 und 2013 (kg CO<sub>2</sub>e/P/a)**



Quellen: Datensatz: FDZ 2010; FDZ 2016; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

## 8.7 Berechnung der externen Kosten (Schritt 7)

### 8.7.1 Kostensätze pro kWh

Die verkehrsmittelspezifischen Kostensätze pro kWh beruhen auf den in Kapitel 6.5.5 in Tab. 19 dargestellten Kostensätzen. Diese werden mit den in Tab. 48 aufgeführten Emissionsfaktoren multipliziert. Daraus ergeben sich die in Tab. 49 für das Jahr 2008 und in Tab. 50 für das Jahr 2013 dargestellten energieträgerspezifischen Kostensätze der Wärmeerzeugung. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die Kostensätze der Jahre 2008 und 2013 auf Daten des Jahres 2010 beruhen, die allein auf das jeweilige Jahr mittels des VPI (Statistisches Bundesamt 2017b) preisnormiert wurden.

Tab. 49: Energieträgerspezifische externe Kostensätze der Wärmeerzeugung im Jahr 2008 (Ct/kWh)

Schadstoff	Gas	Heizöl	Feste Brennstoffe	Heizstrom	Fernheizung	Sonstiges
SO <sub>2</sub>	0,02	0,37	0,23	0,55	0,18	0,02
NO <sub>x</sub>	0,28	0,33	0,30	1,05	0,63	0,28
PM <sub>10</sub>	0,03	0,10	0,71	0,16	0,08	0,03
NM VOC	0,01	0,01	0,11	0,01	0,01	0,01
NH <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,14	0,01	0,00
Summe Luftschadstoffe	0,33	0,81	1,35	1,90	0,90	0,33
CO <sub>e</sub>	1,97	2,52	0,33	6,31	2,44	1,97
Summe (ohne Kernenergie)	-	-	-	8,21	-	-
Kostensatz für Kernenergie	-	-	-	10,60	-	-
zusätzl. durch Kernenergie	-	-	-	0,55	-	-
Summe (mit Kernenergie)	2,31	3,33	1,68	8,77	3,35	2,31

Quellen: Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; eigene Berechnung

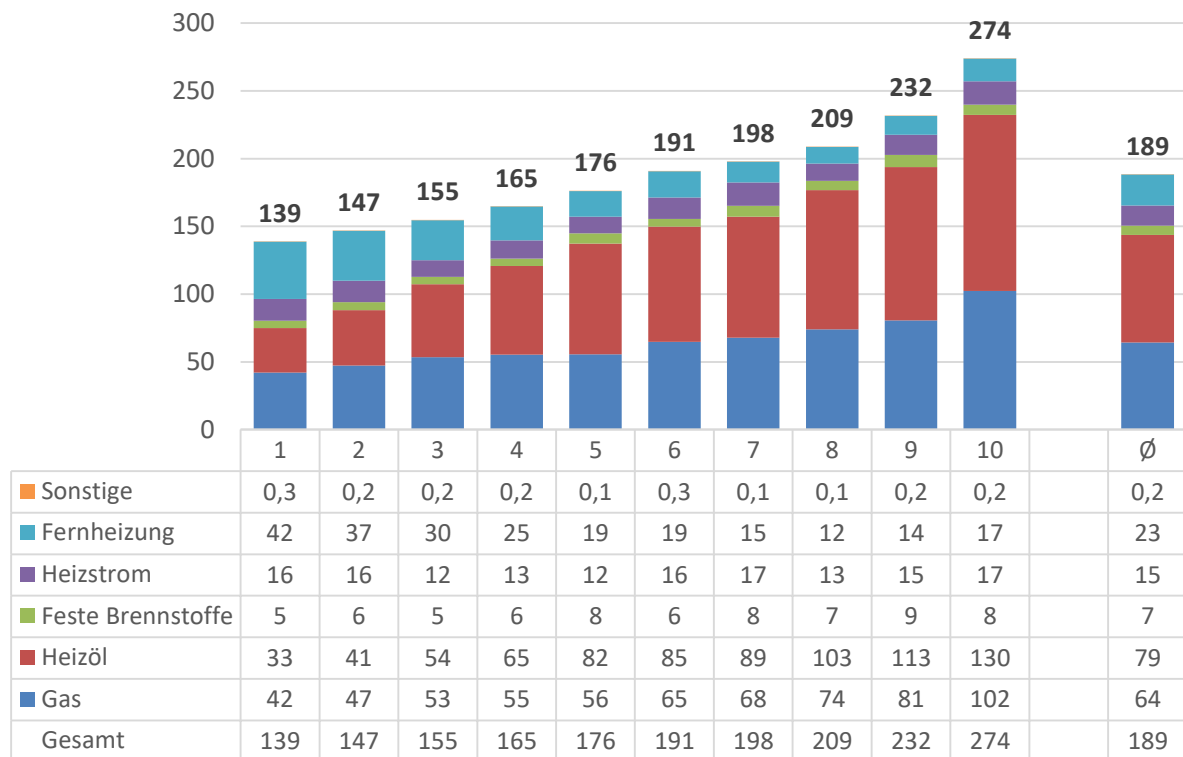
Tab. 50: Energieträgerspezifische externe Kostensätze der Wärmeerzeugung im Jahr 2013 (Ct/kWh)

Schadstoff	Gas	Heizöl	Feste Brennstoffe	Heizstrom	Fernheizung	Sonstiges
SO <sub>2</sub>	0,02	0,40	0,24	0,55	0,20	0,02
NO <sub>x</sub>	0,30	0,35	0,32	1,06	0,67	0,30
PM <sub>10</sub>	0,03	0,10	0,76	0,19	0,09	0,03
NM VOC	0,01	0,01	0,12	0,01	0,01	0,01
NH <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,40	0,01	0,00
Summe Luftschadstoffe	0,36	0,86	1,45	2,21	0,97	0,36
CO <sub>2e</sub>	2,11	2,70	0,35	6,10	2,62	2,11
Summe (ohne Kernenergie)	-	-	-	8,31	-	-
Kostensatz für Atomenergie	-	-	-	11,36	-	-
zusätzl. durch Kernenergie	-	-	-	0,46	-	-
Summe (mit Kernenergie)	2,47	3,57	1,80	8,78	3,59	2,47

Quellen: Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; eigene Berechnung

### 8.7.2 Ergebnisse

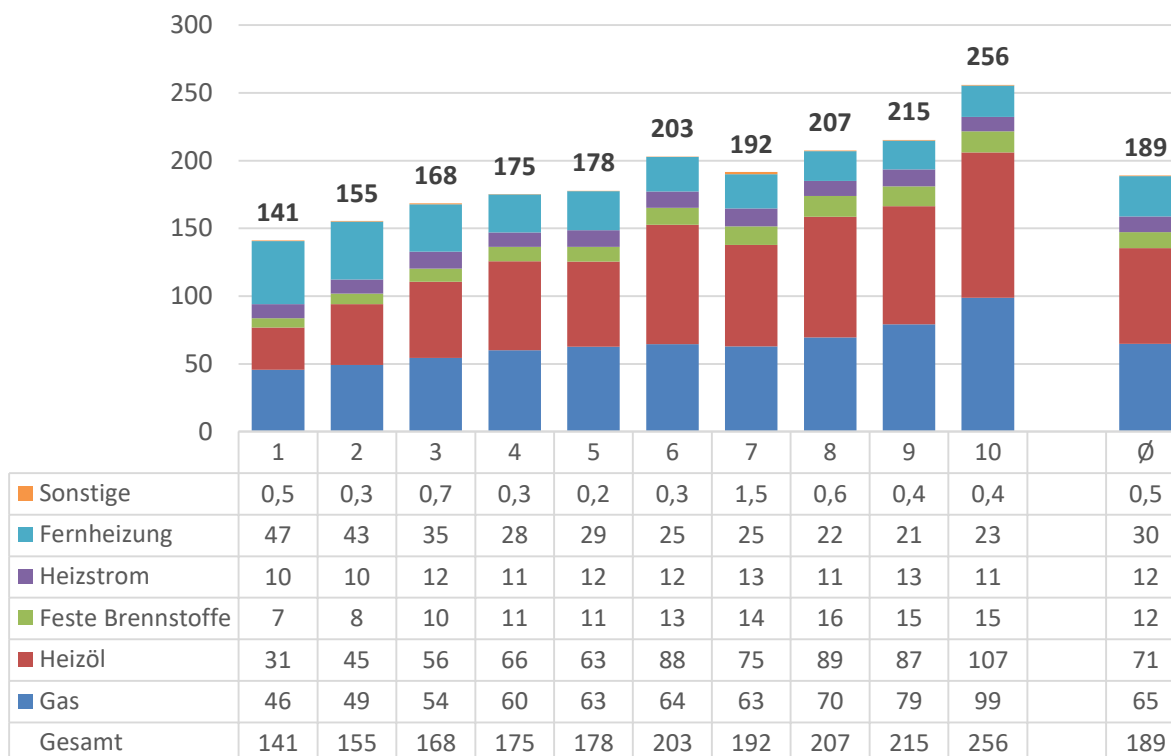
Im Jahr 2008 lagen die berechneten externen Kosten des Heizens bei durchschnittlich 189 €/P/a (siehe Schaubild 54). Dabei ist ein streng monoton steigender Verlauf über die Dezile von 139 €/P/a im ersten Dezil bis auf 274 €/P/a im zehnten Dezil zu beobachten. Damit verursachte das zehnte Dezil durchschnittlich zweimal so hohe externe Kosten wie das erste Dezil.

**Schaubild 54: Externe Heizkosten nach Energieträgern 2008 (€/P/a)**

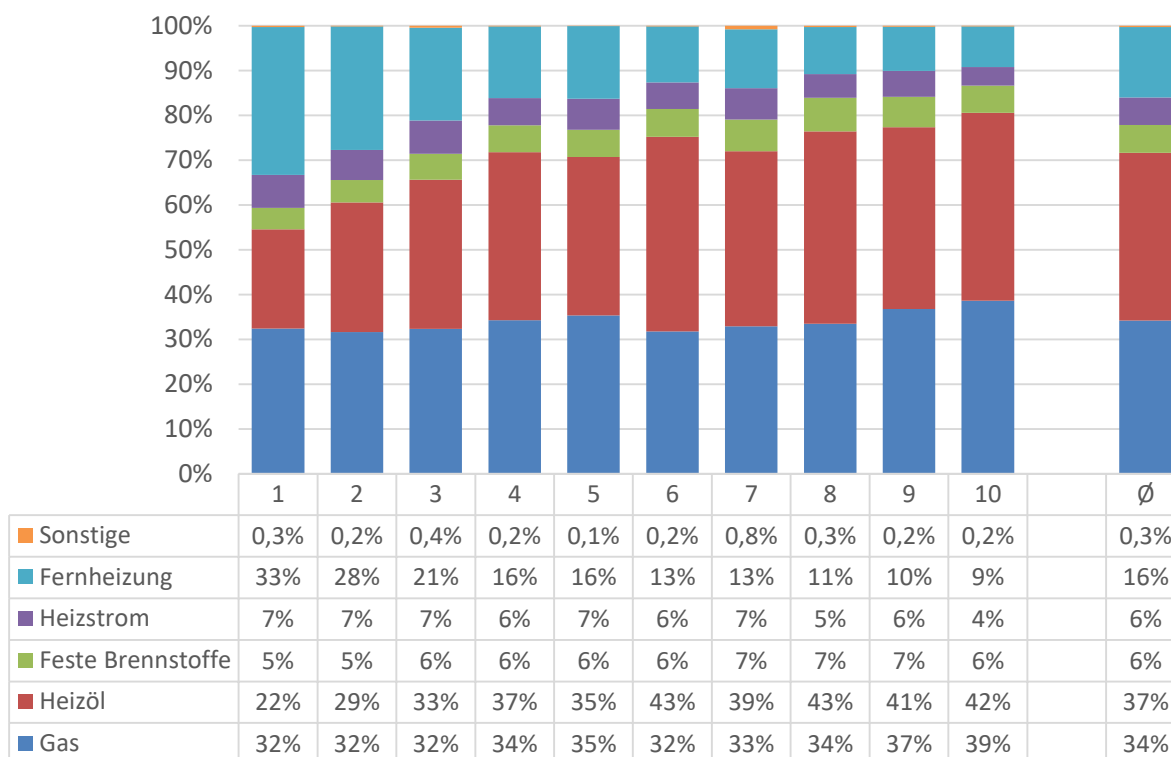
Quellen: FDZ 2010; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

Im Jahr 2013 lagen die durchschnittlichen durchs Heizen verursachten externen Kosten ebenfalls bei 189 €/P/a (siehe Schaubild 55). Dabei weicht entsprechend der Auswertungen der Verbräuche und Emissionen allein das siebte Dezil leicht vom ansonsten streng monoton steigenden Verlauf ab. Mit 256 €/P/a liegen die externen Kosten des zehnten Dezils beim 1,8-fachen des ersten Dezils.

Der Energieträger Heizöl ist dabei durchschnittlich mit 37% für den größten Teil der externen Heizkosten verantwortlich (siehe Schaubild 56). Dabei liegt sein Anteil in den unteren Dezilen deutlich niedriger als in den oberen: Fasst man die Dezile eins bis fünf zusammen, so beträgt deren durchschnittlicher Heizölanteil 31%, der der Dezile sechs bis zehn hingegen 42%. Der minimale Anteil von Heizöl liegt im ersten Dezil bei 22%, der maximale Anteil mit 43% im sechsten und achten Dezil. Auf dem zweiten Platz folgt das Gas mit durchschnittlich 34%. Hier sind die Schwankungen über die Dezile geringer: der minimale Anteil liegt mit 32% in den Dezilen eins, zwei, drei und sechs vor, der maximale Anteil mit 39% im zehnten Dezil. Große Unterschiede gibt es hingegen bei der mit 16% sich auf dem dritten Platz befindlichen Fernheizung. Der maximale Anteil von 33% liegt im ersten Dezil vor, danach fällt der Anteil monoton ab auf nur noch 9% im zehnten Dezil.

**Schaubild 55: Externe Heizkosten nach Energieträgern 2013 (€/P/a)**

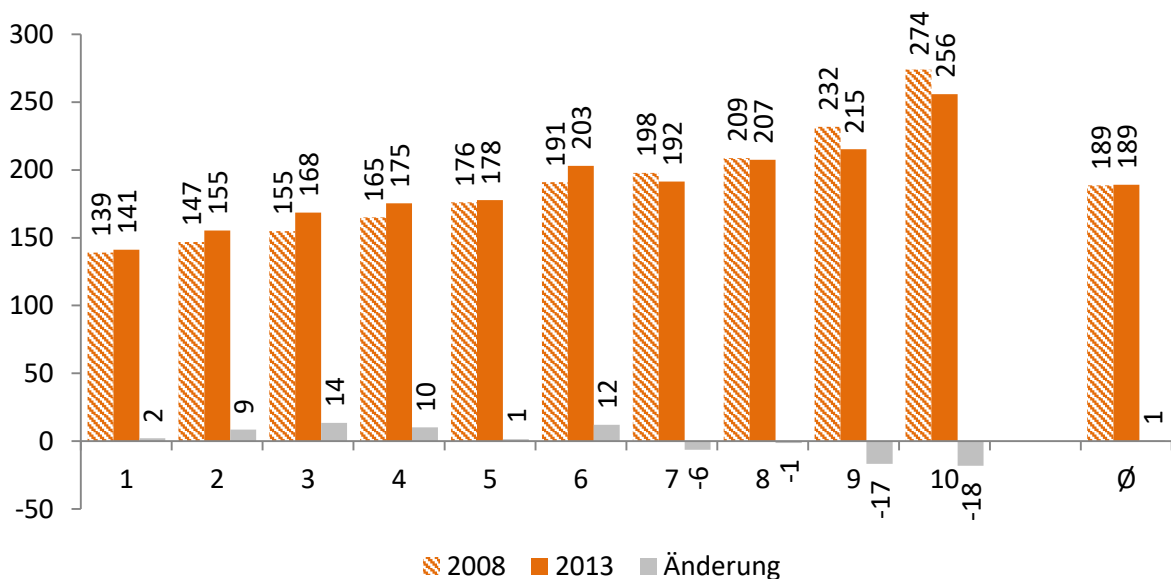
Quellen: FDZ 2016; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

**Schaubild 56: Externe Heizkosten nach Energieträgern 2013 (% an externen Heizkosten)**

Quellen: FDZ 2016; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

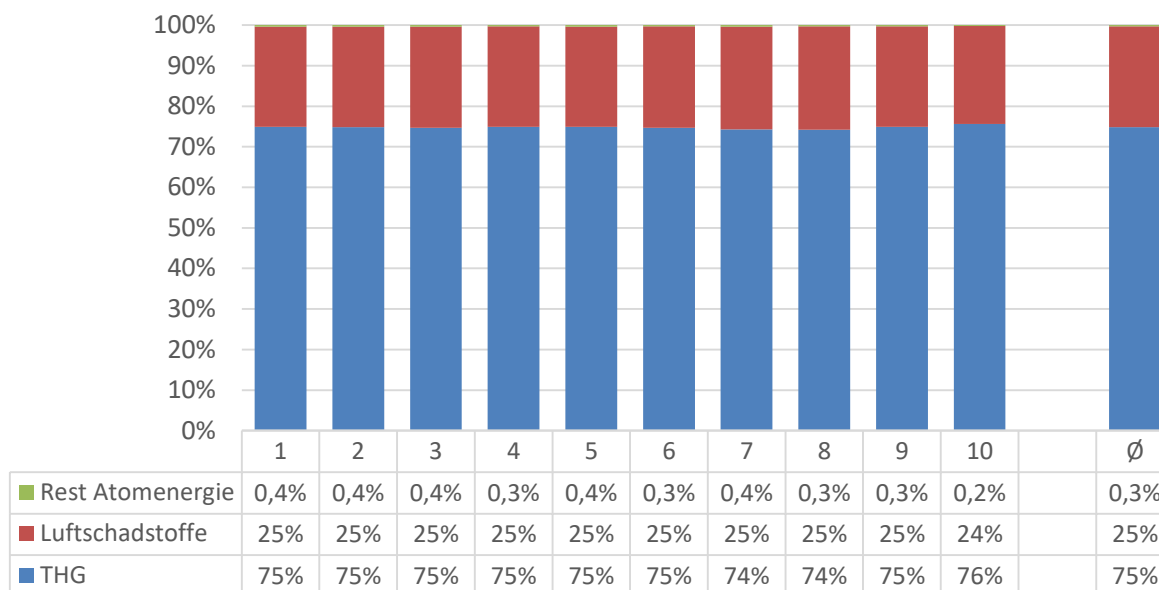
Beim Vergleich der Ergebnisse der Jahre 2008 und 2013 zeigt sich im Durchschnitt so gut wie keine Änderung (siehe Schaubild 57). In beiden Jahren betragen die durchschnittlichen externen Kosten des Heizens 189 Euro (in jeweiligen Preisen). Allerdings sind die Entwicklungen über die Dezile leicht unterschiedlich. Während in den unteren Dezilen eins bis sechs leichte Steigerungen zu beobachten sind, sind in den oberen Dezilen leichte Rückgänge festzustellen. Hauptverantwortlich sind dafür die unterschiedlichen Entwicklungen bei den verbrauchten Mengen (siehe Kapitel 8.5).

**Schaubild 57: Vergleich der externen Heizkosten 2008 und 2013 (€/P/a)**



*Quellen: Datensatz: FDZ 2010; FDZ 2016; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung*

In Schaubild 58 sind die Anteile der Kostenarten THG und Luftschadstoffe, sowie der aufgrund der Art der Einbeziehung von Atomenergie im Strombereich (siehe Kapitel 7.7.1) verbleibende Rest der Atomenergie. Dieser Rest der Atomenergie ist hier in der Höhe zu vernachlässigen (max. 0,4%), ist der Vollständigkeit halber aber mit aufgeführt. Bei den externen Kosten des Heizens sind THG mit durchschnittlich 75% für den größten Anteil der verantwortlich. Luftschadstoffe machen durchschnittlich 25% aus. Über die Dezile sind dabei nur geringe Schwankungen zu verzeichnen.

**Schaubild 58: Externe Heizkosten nach Kostenarten 2013 (% an externen Heizkosten)**

Quellen: FDZ 2016; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

## 8.8 Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung (Schritt 8)

### 8.8.1 Bestehende Internalisierung

#### 8.8.1.1 Energiesteuergesetz

Das Energiesteuergesetz (EnergieStG) wurde am 15. Juli 2006 im Zuge der Energiesteuerrichtlinie der Europäischen Union eingeführt, die eine Harmonisierung der Mindestbesteuerung für elektrischen Strom und Energieerzeugnisse aus anderen Energiequellen als Mineralöl forderte (Deutscher Bundestag 10.03.2017). Es löste das Mineralölsteuergesetz (MinöStG) ab.

Für kohlenstoffbasierte Energieträger werden im EnergieStG unterschiedlich hohe Steuertarife festgelegt, die in §2 „Steuertarif“ aufgeführt sind. Die in Liter vorliegenden Angaben zum Steuertarif von Heizöl und die in Gigajoule vorliegenden Angaben zum Steuertarif von Kohle wurden mittels des Energieeinheitenrechners der AGEB (AGEB 2016d) in Kilowattstunden umgerechnet.<sup>86</sup> Der Energieträger Kohle war dabei für private Haushalte für Heizungszwecke bis zum 31.12.2010 von der Energiesteuer befreit (EnergieStG §37 Absatz 6). Bei Heizöl wurde der Steuersatz für schwefelarmes leichtes Heizöl (Schwefelgehalt max. 50 mg/kg) ausgewählt, da dieses das meistgenutzte Heizöl in Deutschland darstellt.<sup>87</sup>

<sup>86</sup> Umrechnungsfaktor: 1 Liter leichtes Heizöl = 9,92746210863 kWh; Umrechnungsfaktor: 1 GJ = 277,778 kWh

<sup>87</sup> So betrug dessen Anteil im Vergleich zum schwefelhaltigeren leichten Standard-Heizöl im Jahr 2013 rund 99% (Statistisches Bundesamt 2014a: 4).



Als schwierig stellte sich die Ermittlung eines durchschnittlichen Energiesteuersatzes für Fernwärme heraus. Fernwärme kann auf verschiedenste Weise produziert werden, beispielsweise in großen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) in Verbindung mit einer Stromherstellung, aber eben auch in reinen Heizkraftwerken oder aber bei industriellen Abwärmeprozessen. Eine umfassende Auswertung war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich und es konnte auch keine bereits bestehende Berechnung eines durchschnittlichen Wertes gefunden werden.<sup>88</sup> Deswegen wird hier zunächst eine Bandbreite aufgestellt, die auf folgenden Überlegungen beruht:

Je nachdem wie effizient die Fernwärme erzeugt wurde, ist ein Energiesteuersatz in voller Höhe des Steuertarifs des verwendeten Brennstoffes (Nutzungsgrad <70%; EnergieStG §2), ein verminderter Steuersatz (Nutzungsgrad >70%; EnergieStG §53a) oder eine komplette Steuerbefreiung (Nutzungsgrad >70%, hocheffizient Richtlinie 2004/8/EG beziehungsweise Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments; EnergieStG §53a) möglich. Als oberer Wert der Bandbreite wird angenommen, dass der volle Steuersatz gezahlt werden müsste. Zu der Berechnung dieses oberen Wertes sind allerdings noch Daten zur Brennstoffzusammensetzung der erzeugten Fernwärme notwendig. Diese werden einer Auswertung des Bundeskartellamts entnommen. Demnach machten im Jahr 2008 Erdgas 58%, Steinkohle 38%, Braunkohle 3% und Heizöl 1% der zur Fernwärmeerzeugung eingesetzten Energieträger aus (Schweikardt et al. 2012: 31f).<sup>89</sup> Aus diesen Anteilen wird mittels der für die anderen Brennstoffe zu entrichtenden Energiesteuersätze das obere Ende der möglichen Bandbreite berechnet. Das untere Ende bildet die komplette Steuerbefreiung. Die Berechnung ist in Tab. 51 dargestellt.

**Tab. 51: Berechnung Energiesteuerbelastung Fernwärme**

Energieträger	Brennstoffanteil an Fernwärmeerzeugung	Energiesteuersatz pro kWh
Erdgas	58%	0,55
Steinkohle	38%	0,12
Braunkohle	3%	0,12
Heizöl	1%	0,61
Fernwärme	100%	0,37

*Quellen: Deutscher Bundestag 10.03.2017; Schweikardt et al. 2012; eigene Berechnung*

In Tab. 32 sind alle Energiesteuersätze pro kWh aufgeteilt nach Energieträgern dargestellt. Für Fernwärme wird dabei für die weiteren Berechnungen in dieser Arbeit als Best-Guess-Wert der Mittelwert der zuvor berechneten Bandbreite angenommen (0,185 Ct/kWh).

<sup>88</sup> Für weitere Ausführungen zum Thema Fernwärme und Energiesteuer siehe zum Beispiel Gores et al. (2014: 140-142).

<sup>89</sup> In dieser prozentualen Aufteilung nicht enthalten sind zahlreiche andere Brennstoffe, die nach Schätzungen des Bundeskartellamts zusammen etwa 10% der gesamten Fernwärmeerzeugung ausmachen (Schweikardt et al. 2012: 31).

Tab. 52: Internalisierungswirkung der Energiesteuer im Heizungsbereich

Energieträger	Internalisierung in Ct/kWh						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Erdgas	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Heizöl (Schwefelgehalt max. 50 mg/kg)	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Stein-/Braunkohle	0,00	0,00	0,00	0,12	0,12	0,12	0,12
Fernwärme	0-0,37	0-0,37	0-0,37	0-0,37	0-0,37	0-0,37	0-0,37
Best-Guess-Fernwärme	0,185	0,185	0,185	0,185	0,185	0,185	0,185

Quellen: Deutscher Bundestag 10.03.2017; Schweikardt et al. 2012; eigene Berechnung

### 8.8.1.2 Emissionshandel ETS

Im Rahmen der Haushaltsstromberechnungen wurden der ETS und die Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreis bereits in Kapitel 7.8.1.3 vorgestellt. Hier wird deswegen allein auf die Relevanz für den Wärmebereich eingegangen.

Im Wärmebereich unterliegt allein der Bereich „Fernwärme“ dem EU-ETS. Allerdings fallen nur solche Anlagen unter den Emissionshandel, die eine Leistung von mehr als 20 MW aufweisen (siehe zum Beispiel Gores et al. 2014: 138f). Nach Auswertungen des Bundeskartellamts lag der Brutto-Wärmeproduktionsanteil von Anlagen mit mehr als 20 MW Leistung im Zeitraum 2007/2008 bei 60-70% bei den erfassten (reinen) Heizwerken und bei über 95% bei den erfassten KWK-Anlagen (Schweikardt et al. 2012: 39). Berücksichtigt man weiter, dass laut den Auswertungen des Bundeskartellamtes rund drei Viertel der erzeugten Brutto-Wärmemenge aus KWK-Anlagen stammt (Schweikardt et al. 2012: 22), so ist davon auszugehen, dass der überwiegende Teil der fernwärmeerzeugenden Anlagen emissionshandelspflichtig ist. Als Schätzwert wird hier – im Sinne einer tendenziellen Überschätzung der bestehenden Internalisierung – angenommen, dass die gesamte Fernwärme-Produktion emissionshandelspflichtig ist. Dabei wird hier auch vernachlässigt, dass in der zweiten Handelsperiode von 2008 bis 2012 KWK-Anlagen einen Doppelbenchmark erhielten, diese also sowohl für den erzeugten Strom als auch für die erzeugte Wärme eine Zuteilung an Zertifikaten erhielten. Dieser führte zu einer Überallokation für viele KWK-Anlagen (Gores et al. 2014: 138). Im Rahmen dieser Arbeit war es aber nicht möglich den genauen Effekt zu berechnen, so dass – wiederum im Sinne einer tendenziellen Überschätzung der bestehenden Internalisierung – diese Überallokation außer Acht gelassen wurde. Der Internalisierungswert pro kWh Fernwärme wird also schließlich berechnet, indem der EU-ETS-Preis pro Tonne CO<sub>2</sub> mit dem CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von Fernwärme multipliziert wird (siehe Tab. 34).

Tab. 53: Internalisierungswirkung des Emissionshandels ETS im Heizungsbereich

Variable	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Emissionsfaktor CO <sub>2</sub> -Äqui Fernwärme	g/kWh	310	310	310	310	310	310	310	310
Zertifikatspreis ETS	€/t CO <sub>2</sub>	23,16	13,22	14,36	13,81	7,47	4,33	5,90	7,60
<b>Internalisierungswirkung ETS Fernwärme</b>	<b>Ct/kWh</b>	<b>0,717</b>	<b>0,409</b>	<b>0,445</b>	<b>0,428</b>	<b>0,231</b>	<b>0,134</b>	<b>0,183</b>	<b>0,235</b>

Quellen: IINAS 2015; DEHSt 2014a; DEHSt 2014b; DEHSt 2015; DEHSt 2016a; eigene Berechnung

### 8.8.1.3 Förderabgaben

Wie bereits in Kapitel 7.8.1.4 im Rahmen des Haushaltsstrombereichs ausgeführt, muss für bergfreie Bodenschätze in Deutschland nach dem Bundesberggesetz (§31 BBergG) eine Förderabgabe entrichtet werden (Deutscher Bundestag 29.07.2017a). Empfohlen wird eine Abgabe in Höhe von 10% des Marktpreises. Allerdings ist es den Bundesländern, denen die Steuerhoheit zufällt, freigestellt, den genauen Satz festzulegen. So lag der Fördersatz für Erdgas beispielsweise in Niedersachsen im Jahr 2014 mit 36% deutlich höher, während er in Rheinland-Pfalz auf 0% festgesetzt wurde (WEG 2015: 59). Braun- und Steinkohle sind zudem laut „altem Recht“ (§149ff BBergG) von der Abgabepflicht befreit. In relevantem Umfang ist – bezogen auf die Heizenergieerzeugung – in Deutschland allein der Energieträger Erdgas von einer Förderabgabe betroffen. Die insgesamt entrichtete Summe der Förderabgabe für Erdgas wurde den Jahresberichten des Wirtschaftsverbands Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V. (WEG) entnommen (WEG 2011; WEG 2012; WEG 2013; WEG 2014; WEG 2015).

Erdgas wird aber nicht nur zum Heizen eingesetzt. Wie in Kapitel 7.8.1.4 bereits beim Haushaltsstrom ausgeführt, wird es unter anderem auch zur Stromerzeugung eingesetzt. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird der Anteil des zur Wärmeerzeugung eingesetzten Erdgas mittels Daten der AG Energiebilanzen (AGEB 2016b: Tabellen 2.1 und 4.1) berechnet und dieser Anteil mit den gezahlten Förderabgaben multipliziert. Der so berechnete Teil der Erdgas-Förderabgaben wird durch den gesamten deutschen Erdgas-Endenergieverbrauch (AGEB 2016b: Tabellen 6.1) geteilt, um so die Subventionshöhe pro kWh Erdgas zu bestimmen. Der entstehende Wert gibt an, mit wie viel Cent eine Kilowattstunde Erdgas, das zur Wärmeerzeugung eingesetzt wird, in Deutschland durchschnittlich gefördert wurde. Im Jahr 2008 beträgt die Förderung 0,15 Ct/kWh und im Jahr 2013 0,09 Ct/kWh (siehe Tab. 35). Diese Werte liegen deutlich niedriger, als wenn man sie auf die tatsächlich in Deutschland geförderte Menge Erdgas beziehen würde, da das meiste in Deutschland verbrauchte Erdgas im Ausland gefördert wurde. Laut Daten der AG Energiebilanz wurden im Jahr 2013 etwa 88% des verbrauchten Erdgases importiert (AGEB 2016b: Tabellen 1.1 und 1.4). Da aber weder die im Ausland vorliegenden Internalisierungsmaßnahmen noch die vorliegenden Subventionen im Rahmen dieser Arbeit berücksichtigt werden konnten, stellt die angewandte Methode die mit den vorliegenden Daten beste und konsistenteste Berechnungsvariante dar.

Tab. 54: Internalisierungswirkung der Förderabgaben im Heizungsbereich

Variable	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Förderabgaben Erdgas	Mio €	1.085	762	559	735	663	624	450
Primärenergieverbrauch Erdgas	PJ	3.222	3.039	3.171	2.911	2.920	3.059	2.660
Energieeinsatz Erdgas (Wärmeerzeugung)	PJ	2.628	2.496	2.595	2.373	2.428	2.630	2.271
Anteil von Erdgas (Wärme)	%	82%	82%	82%	82%	83%	86%	85%
Förderabgaben Erdgas (Wärme)	Mio €	885	625	458	599	551	536	384
Endenergieverbrauch Erdgas (Wärme)	TWh	605	565	624	566	578	607	543
<b>Internalisierungswirkung Förderabgabe Erdgas (Wärme)</b>	<b>Ct/kWh</b>	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>

Quellen: WEG 2011; WEG 2012; WEG 2013; WEG 2014; WEG 2015; AGEb 2016b; eigene Berechnung

## 8.8.2 Bestehende Subventionen

### 8.8.2.1 Absatzbeihilfen und soziale Beihilfen für Steinkohle

Die Steinkohleförderung aus deutschen Bergwerken ist international nicht wettbewerbsfähig und wird deswegen subventioniert. Der Ausstieg aus der Förderung ist allerdings bereits beschlossen: bis zum Jahr 2018 soll diese sozialverträglich beendet werden. Ein entsprechendes Gesetz wurde im Jahr 2007 verabschiedet (Steinkohlefinanzierungsgesetz; Deutscher Bundestag 08.09.2015c). Bis dahin werden jedoch noch Subventionen gezahlt, die zum einen aus „Zuschüssen für den Absatz deutscher Steinkohle“ und zum anderen aus der „Gewährung von Anpassungsgeld (APG) an Arbeitnehmer des Steinkohlenbergbaus“ bestehen. Für Angaben zu den sowohl auf Bundes- als auch Länderebene gezahlten Steinkohle-Subventionen in den Jahren 2008 bis 2013 wurde auf Daten der OECD-Datenbank „OECD.Stat“ zurückgegriffen (OECD 2017).<sup>90</sup>

Um keine Doppelzählungen vorzunehmen, wird der für die Stromerzeugung eingesetzte Anteil der Steinkohle von den Berechnungen ausgeschlossen (siehe Kapitel 7.8.2.1). Dafür wurde beruhend auf Daten der AG Energiebilanzen (AGEb 2016b: Tabellen 2.1 und 4.1) jeweils der nicht zur Stromerzeugung eingesetzte Teil der geförderten Steinkohle berechnet und mit der Fördersumme des jeweiligen Jahres multipliziert. Die verbleibenden Subventionen werden durch den deutschen zur Wärmeerzeugung eingesetzten Steinkohle-Endenergieverbrauch (AGEb 2016b: Tabelle 6.1) geteilt, um so die Sub-

<sup>90</sup> Konkret verwendet wurden die beiden Positionen „Early Retirement Payments for Hard Coal Miners in North Rhine Westphalia and Saarland“ und „Combined Aids in North Rhine Westphalia“, die in der Datenbank unter „OECD Inventory of Support Measures for Fossil Fuels“ und „Fossil Fuel Support – DEU“ und unter den Einstellungen „Mechanism=Budgetary Transfer“ und „Level=Both“ zu finden sind.

ventionshöhe pro einer in Deutschland im Rahmen der Wärmeerzeugung verbrauchten kWh Steinkohle zu erhalten. Mit 1,01 Ct/kWh im Jahr 2008 und 0,68 Ct/kWh im Jahr 2013 liegt die Subventionswirkung der Absatzbeihilfen und sozialen Beihilfen (siehe Tab. 36) – wie auch bei der Internalisierungswirkung der Förderabgabe für Erdgas – deutlich niedriger, als wenn man sie auf die tatsächlich in Deutschland geförderte Menge Steinkohle beziehen würde. Denn inzwischen wird der Großteil der in Deutschland verbrauchten Steinkohle im Ausland gefördert, wobei sich dieser Anteil in den vergangenen Jahren im Zuge der schrittweisen Reduzierung der Absatzbeihilfen deutlich erhöht hat. Laut Daten der AG Energiebilanz wurden im Jahr 2013 etwa 87% der in Deutschland verbrauchten Steinkohle importiert (AGEB 2016b: Tabellen 1.1 und 1.4). Im Jahr 2008 lag der Importanteil noch bei 71% und im Jahr 2008 nur bei 47%.

**Tab. 55: Subventionswirkung der Absatzbeihilfen im Heizungsbereich**

Variable	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Anpassungsgeld für Arbeitnehmer des Steinkohlenbergbaus (NRW, Saarland)	Mio Euro	183	190	173	152	152	165
Zuschüsse für den Absatz deutscher Steinkohle zur Verstromung und an die Stahlindustrie sowie zum Ausgleich von Belastungen infolge von Kapazitätsanpassungen	Mio Euro	2.332	1.781	1.727	1.756	1.529	1.445
Summe Absatzbeihilfen und soziale Beihilfen für Steinkohle	Mio Euro	2.515	1.971	1.900	1.908	1.681	1.611
Energieeinsatz Steinkohle (Wärme)	PJ	1.800	1.496	1.714	1.715	1.725	1.840
Anteil von Steinkohle (Wärme)	PJ	717	554	702	754	718	725
Anteil der Steinkohle (Wärme)	%	40%	37%	41%	44%	42%	39%
Absatzbeihilfen und soziale Beihilfen für Steinkohle (Wärme)	Mio Euro	1.002	730	778	839	700	635
Endenergieverbrauch Steinkohle (Wärme)	TWh	99	79	104	108	94	94
<b>Subventionswirkung Absatzbeihilfen/ soziale Beihilfen Steinkohle (Wärme)</b>	<b>Ct/kWh</b>	<b>1,01</b>	<b>0,92</b>	<b>0,75</b>	<b>0,78</b>	<b>0,74</b>	<b>0,68</b>

Quellen: OECD 2017; AGEB 2016b; eigene Berechnung

#### 8.8.2.2 Ermäßigter Umsatzsteuersatz für Energieträger Holz

Für Holzprodukte, die als Brennholz eingesetzt werden, gilt nach Anlage 2, Absatz 48 des Umsatzsteuergesetzes ein ermäßigter Umsatzsteuersatz von 7% (Deutscher Bundestag 29.07.2017b). Im Sinne des hier verwendeten Subventionsbegriffs (siehe Kapitel 6.5.6.3) wird die Differenz von 12% zum Standardsteuersatz der Umsatzsteuer (19%) den Holzprodukten als Subvention angerechnet.

Zur Berechnung der Subventionshöhe pro kWh werden die jeweiligen Endverbraucherpreise pro kWh (siehe Kapitel 8.4.4) verwendet. Daraus ergeben sich die in Tab. 56 dargestellten Subventionen pro kWh des jeweiligen Energieträgers. Für Scheitholz und Holzpellets lag diese im Jahr 2013 beispielsweise bei 0,62 Ct/kWh, bei Hackschnitzeln bei 0,32 Ct/kWh.

Tab. 56: Subventionswirkung des ermäßigten Umsatzsteuersatzes für den Energieträger Holz (Ct/kWh)

Energieträger	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>mit 7% MwSt.</b>							
<b>Scheitholz</b>	4,93	4,94	5,07	5,49	5,69	5,77	5,87
<b>Hackschnitzel</b>	2,40	2,60	2,71	2,97	2,92	3,02	3,07
<b>Holzpellets</b>	4,04	4,69	4,80	5,07	5,08	5,78	5,62
<b>Szenariorechnung mit 19% MwSt.</b>							
<b>Scheitholz</b>	5,45	5,47	5,61	6,08	6,29	6,39	6,39
<b>Hackschnitzel</b>	2,66	2,88	3,00	3,29	3,23	3,35	3,35
<b>Holzpellets</b>	4,47	5,19	5,31	5,61	5,63	6,40	6,40
<b>Subventionswirkung (12% Umsatzsteuer)</b>							
<b>Scheitholz</b>	0,53	0,53	0,54	0,59	0,61	0,62	0,52
<b>Hackschnitzel</b>	0,26	0,28	0,29	0,32	0,31	0,32	0,27
<b>Holzpellets</b>	0,43	0,50	0,51	0,54	0,54	0,62	0,78

Quellen: TFZ 2016; Deutscher Bundestag 29.07.2017b; eigene Berechnung

### 8.8.3 Bestehende Nettointernalisierung

Zieht man die bestehenden Subventionen (siehe Kapitel 8.8.2) von der bestehenden Internalisierung (siehe Kapitel 8.8.1) ab, so erhält man die bestehende Nettointernalisierung. Wie in Tab. 38 zu sehen ist, ist im Jahr 2013 die bestehende Nettointernalisierung für Strom mit 2,30 Ct/kWh am höchsten. Mit 0,64 beziehungsweise 0,62 Ct/kWh folgen etwa gleichauf die Energieträger Gas und Heizöl. Die Fernheizung folgt auf dem vierten Platz mit 0,32 Ct/kWh. Für feste Brennstoffe ist die bestehende Nettointernalisierung mit -0,58 ct/kWh sogar negativ, da die Subventionswirkung (ermäßigter Umsatzsteuersatz für Energieträger Holz) über der Internalisierungswirkung (Energiesteuer auf Kohle) liegt. Dabei wurden zur Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung bei den festen Brennstoffen die in Kapitel 8.4.4 vorgestellten Anteile der in dieser Position enthaltenen Energieträger verwendet.

Beim Vergleich der Werte von 2008 und 2013 zeigt sich im Trend ein Rückgang der bestehenden Nettointernalisierung. Am größten ist er beim Strom (-0,85 Ct/kWh) und bei der Fernwärme (-0,58 ct/kWh). Ausgelöst wurde die Verminderung in beiden Fällen hauptsächlich durch die fallenden Preise für Emissionszertifikate am Emissionshandel ETS (siehe Kapitel 8.8.1.2).

Tab. 57: Bestehende Nettointernalisierung im Wärmebereich (Ct/kWh)

Energieträger	Bestehende Internalisierung		Bestehende Subventionen		Bestehende Nettointernalisierung	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013
Gas	0,70	0,64	-	-	0,70	0,64
Heizöl	0,62	0,62	-	-	0,62	0,62
Feste Brennstoffe	-	0,01	0,50	0,58	-0,50	-0,58
Strom	3,52	2,58	0,37	0,28	3,15	2,30
Fernheizung	0,90	0,32	-	-	0,90	0,32
Sonstiges (Gas)	0,70	0,64	-	-	0,70	0,64

Quellen: Deutscher Bundestag 10.03.2017; Schweikardt et al. 2012; IINAS 2015; DEHSt 2014a; DEHSt 2014b; DEHSt 2015; DEHSt 2016a; WEG 2011; WEG 2012; WEG 2013; WEG 2014; WEG 2015; AGEB 2016b; OECD 2017; AGEB 2016b; TFZ 2016; Deutscher Bundestag 29.07.2017b; eigene Berechnung

## 8.9 Berechnung der Internalisierungslücke (Schritt 9)

### 8.9.1 Internalisierungslücke pro kWh

Zieht man von den externen Kosten die bestehende Nettointernalisierung ab, so erhält man die Internalisierungslücke. Bei allen Energieträgern ist die Internalisierungslücke positiv (siehe Tab. 58). Mit 6,47 Ct/kWh ist die Internalisierungslücke von Strom im Jahr 2013 mit Abstand am höchsten. Es folgen die Fernheizung auf Platz zwei mit 3,27 Ct/kWh, Heizöl mit 2,95 Ct/kWh auf Platz drei, feste Brennstoffe mit 2,38 Ct/kWh auf Platz vier und Gas mit 1,83 Ct/kWh auf Platz 5. Bei allen Energieträgern ist dabei im Vergleich der Jahre 2008 und 2013 ein Anstieg der Internalisierungslücke (in jeweiligen Preisen) festzustellen. Im Durchschnitt liegt der prozentuale Anstieg bei 16% (0,43 Ct/kWh). Zum einen sind dafür die entsprechend des Verbraucherpreisindex gestiegenen Kostensätze verantwortlich (siehe Kapitel 8.7.1), zum anderen aber auch eine zurückgehende bestehende Nettointernalisierung (siehe Kapitel 8.8.3). Die zurückgehende bestehende Nettointernalisierung ist dabei maßgeblich auf den CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreisverfall am europäischen Emissionshandel zurückzuführen (siehe Kapitel 8.8.1.2). Der größte absolute Anstieg liegt beim Strom vor (+0,85 Ct/kWh), der größte prozentuale Anstieg bei der Fernheizung (+34%).

Tab. 58: Internalisierungslücke im Wärmebereich (Ct/kWh)

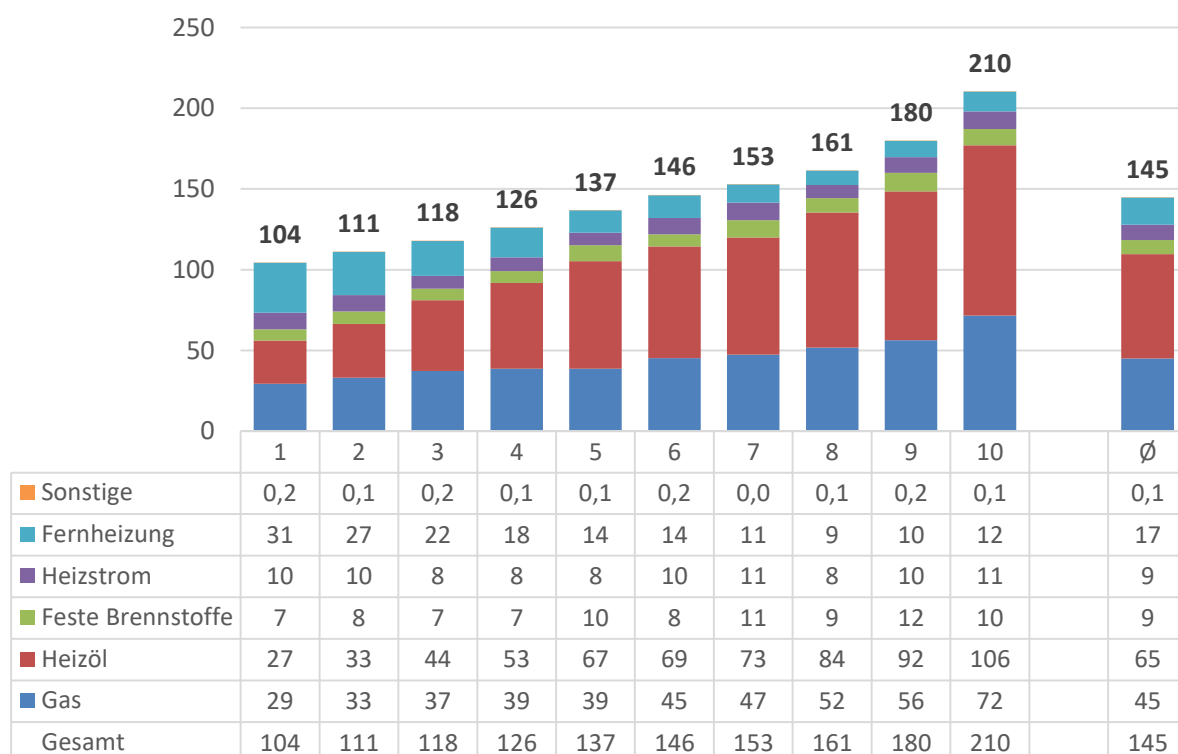
Energieträger	Externe Kosten		Bestehende Nettointernalisierung		Internalisierungslücke	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013
Gas	2,31	2,47	0,70	0,64	1,61	1,83
Heizöl	3,33	3,57	0,62	0,62	2,71	2,95
Feste Brennstoffe	1,68	1,80	-0,50	-0,58	2,18	2,38
Strom	8,77	8,78	3,15	2,30	5,62	6,47
Fernheizung	3,35	3,59	0,90	0,32	2,44	3,27
Sonstiges (Gas)	2,31	2,47	0,70	0,64	1,61	1,83

Quellen: externe Kosten: Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; bestehende Nettointernalisierung: siehe Tab. 57; eigene Berechnung

### 8.9.2 Ergebnisse

Im Jahr 2008 betrug die Internalisierungslücke im Heizungsbereich durchschnittlich 144 €/P/a (siehe Schaubild 30). Dabei liegt ein streng monoton steigender Zusammenhang über die Dezile von 104 €/P/a im ersten Dezil auf 210 €/P/a im zehnten Dezil vor. Damit verursachte das zehnte Dezil im Durchschnitt 2,0-mal so hohe nicht internalisierte externe Kosten.

Schaubild 59: Internalisierungslücke nach Heizenergieträgern im Jahr 2008 (€/P/a)



Quellen: FDZ 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

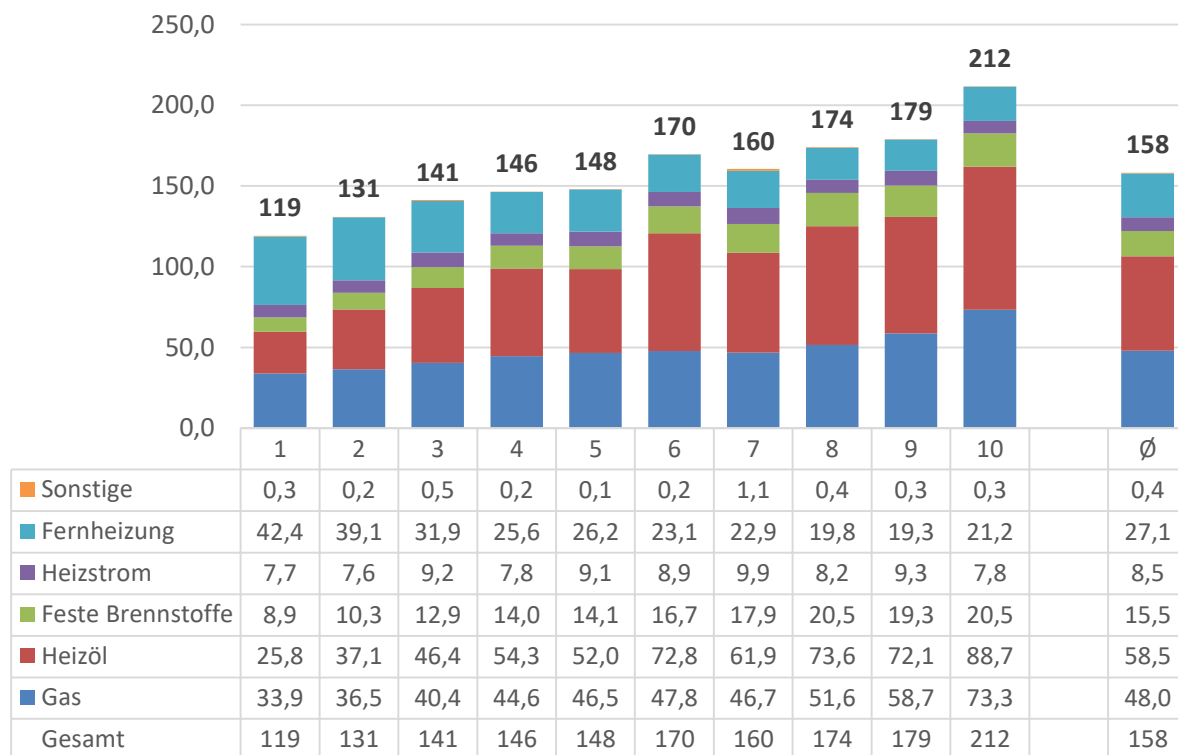
Im Jahr 2013 betrug die Internalisierungslücke im Wärmebereich durchschnittlich 158 €/P/a (siehe Schaubild 60). Abgesehen von einem leichten Rückgang vom sechsten auf das siebte Dezil liegt ein streng monoton steigender Zusammenhang über die Dezile von 119 €/P/a im ersten Dezil auf



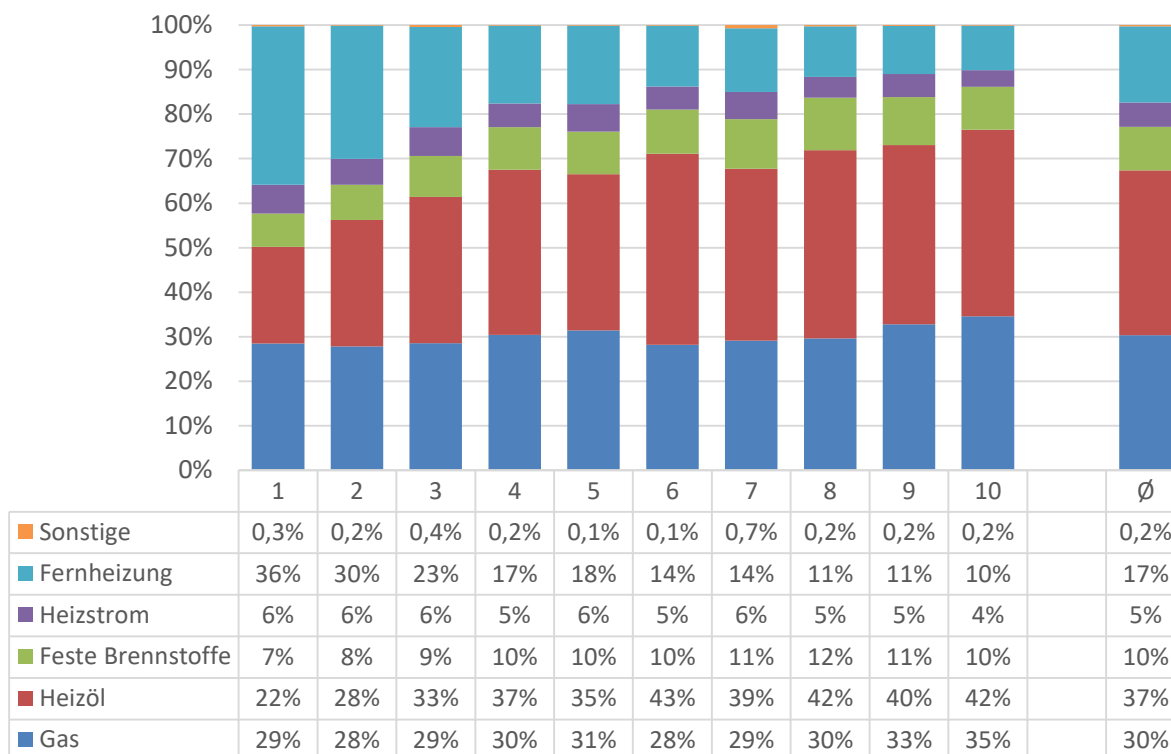
212 €/P/a im zehnten Dezil vor. Damit verursachte das zehnte Dezil im Durchschnitt 1,8-mal so hohe nicht internalisierte externe Kosten.

Mit durchschnittlich 37% war Heizöl im Jahr 2013 für den größten Teil der Internalisierungslücke verantwortlich, gefolgt von Gas mit 30% und Fernheizung mit 17% (siehe Schaubild 61). Dabei schwanken die Anteile von Heizöl und Fernheizung deutlich über die Dezile. So beträgt der Heizölanteil im ersten Dezil gerade einmal 22%, im zehnten Dezil hingegen 42%. Umgekehrt verhält es sich bei der Fernheizung: Hier liegt der Anteil im ersten Dezil bei 36%, im zehnten Dezil hingegen nur bei 10%.

**Schaubild 60: Internalisierungslücke nach Heizenergieträgern im Jahr 2013 (€/P/a)**

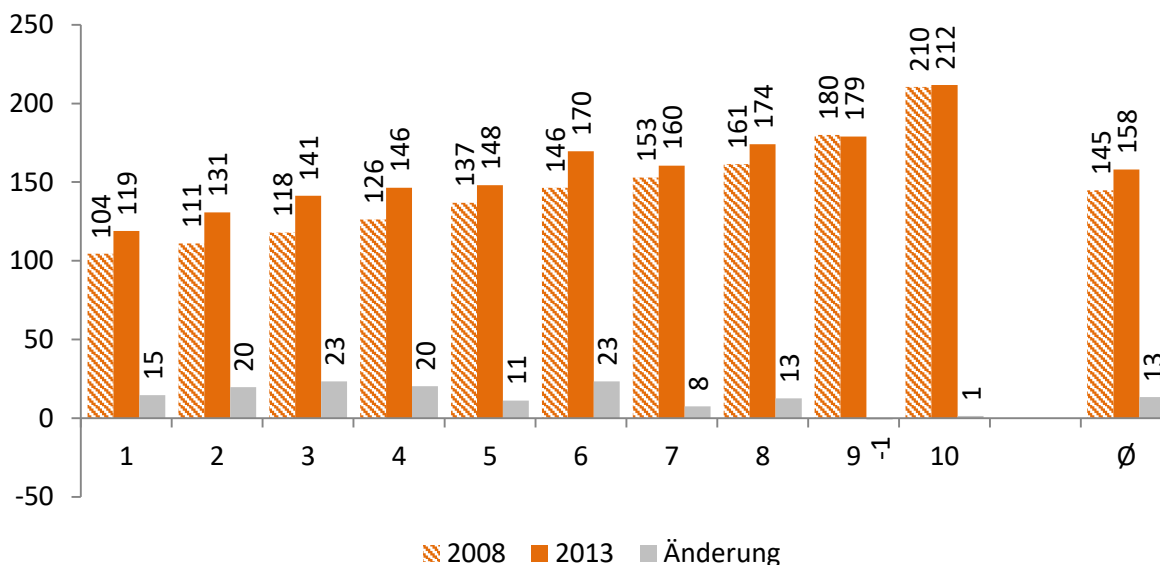


Quellen: FDZ 2016; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

**Schaubild 61: Internalisierungslücke nach Heizenergieträgern im Jahr 2013 (% an externen Heizkosten)**

Quellen: FDZ 2016; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

Von 2008 bis 2013 ist die durchschnittliche Internalisierungslücke um 9% (13 €/P/a) angestiegen (siehe Schaubild 62). Die Entwicklung ist allerdings uneinheitlich über die Dezile. Während sie im neunten und zehnten Dezil nahezu konstant blieb, ist in den restlichen acht Dezilen eine Erhöhung in einer Bandbreite von 4-19% festzustellen. Die größte absolute und relative Steigerung ist dabei im dritten Dezil mit 23 €/P/a beziehungsweise 19% zu attestieren.

**Schaubild 62: Vergleich der Internalisierungslücke im Wärmebereich der Jahre 2008 und 2013 (€/P/a)**

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

## 9 Bereichsspezifische Berechnungen „Mobilität“

### 9.1 Überblick

In diesem Kapitel werden die Schritte 3 bis 9 (siehe Schaubild 17) für den Bereich „Mobilität“ ausgeführt und vorgestellt. Die grundsätzliche Methodik entspricht der des Haushaltsstrom- und Wärmebereichs. Allerdings weicht die Vorgehensweise bei der Mobilität insofern ab, als dass neben der EVS auch noch Daten der Erhebung „Mobilität in Deutschland 2008“ (MiD2008) verwendet werden. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte im Sinne einer dem grundsätzlichen Verständnis dienenden Übersicht stark verkürzt beschrieben. Bezüglich der genauen Vorgehensweise, der verwendeten Datenquellen und den Ergebnissen sei auf die jeweiligen Kapitel verwiesen.

Zunächst wird der Untersuchungsbereich in Kapitel 9.2 kurz vorgestellt. Danach werden – wie beim Haushaltsstrom und der Wärme – die Ausgaben der EVS2008 und EVS2013 ausgewertet und verglichen (Schritt 3; Kapitel 9.3). Daran anschließend werden die Preis-Ausgabe-Funktionen für Benzin und Diesel vorgestellt (Schritt 4; Kapitel 9.4), auf deren Basis dann die Ausgabendaten der EVS für den Bereich des motorisierten Individualverkehrs (MIV) in Mengen- beziehungsweise Verbrauchsdaten umgerechnet werden (Schritt 5; Kapitel 9.5.2). Leider sind die anderen Ausgabenklassen der EVS nicht differenziert genug, um auf deren Basis Mengenangaben berechnen zu können. Deswegen wurde zusätzlich die MiD2008 ausgewertet. Die dazu verwendete Methodik und die Ergebnisse werden in Kapitel 9.5.3 vorgestellt. Darauf folgend werden die Ergebnisse der EVS2008/2013 mit den Ergebnissen der MiD2008 kombiniert (Schritt 5; Kapitel 9.5.4). Anders als bei der Wärme und beim Haushaltsstrom werden die kombinierten Ergebnisse dabei in Personenkilometern ausgewiesen, da dies dem Bereich angemessener erschien.<sup>91</sup> Es folgen die Emissionsberechnungen, wobei die Emissionsfaktoren hauptsächlich aus der Methodenkonvention 2.0 und nicht – wie bei Wärme und Haushaltsstrom – aus der GEMIS-Datenbank stammen (Schritt 6; Kapitel 9.6). Es folgen die Berechnungen der externen Kosten, die im Unterschied zu den Berechnungen der Wärme und des Haushaltsstroms auch Kostensätze zu Lärm und Unfällen enthalten (Schritt 7; Kapitel 9.7). Anschließend werden im Sinne einer Vereinfachung – und weil der MIV und das Flugzeug für den Großteil der externen Kosten verantwortlich sind – allein für den MIV und für das Verkehrsmittel Flugzeug mittels einer Auflistung der bestehenden Internalisierungsmaßnahmen und Subventionen die bestehenden Nettointernalisierungen berechnet (Schritt 8; Kapitel 9.8).<sup>92</sup> Den spezifisch der Mobilität gewidmeten Bereich abschließend, werden für den MIV und das

<sup>91</sup> Im Übersichtskapitel werden die Ergebnisse jedoch wieder in kWh umgerechnet. Die jeweils benötigten Umrechnungsfaktoren sind in Kapitel 9.5 zu finden.

<sup>92</sup> Hinzu kommt, dass allein für den MIV und das Flugzeug in der EVS ausreichend differenzierte Ausgabedaten vorliegen, die für die anschließenden Berechnungen der Auswirkungen der Internalisierung notwendig sind.

Flugzeug die Internalisierungslücken – sowohl pro Personenkilometer als auch pro Kopf und Jahr – berechnet und vorgestellt (Schritt 9; Kapitel 9.9).

Die Auswirkungen der Internalisierung der festgestellten Internalisierungslücken (Schritte 10-14) wird für die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität direkt bereichsübergreifend durchgeführt und ist – nach einer Übersicht der Zwischenergebnisse (siehe Kapitel 10) – in Kapitel 11 zu finden.

## 9.2 Beschreibung des Untersuchungsbereichs

Das Mobilitätsverhalten der Menschen hat sich seit der Industrialisierung enorm verändert: Beginnend mit dem Ausbau der Eisenbahn im 19. Jahrhundert, weiter Fahrt aufnehmend mit der Erfindung des Automobils und dessen massenhafter Produktion und Verbreitung nach dem ersten Weltkrieg mittels des eine gesamte industrielle Warenproduktionsform prägenden Fordismus, bis schließlich zum vor allem in neuerer Zeit stark expandierenden Flugverkehr. Diese und weitere Entwicklungen haben dazu geführt, dass sich das weltweite und auch speziell das in Deutschland auftretende Verkehrsaufkommen enorm erhöht und ausdifferenziert hat.<sup>93</sup> Für die jüngere Vergangenheit sollen dafür einige Beispiele genannt werden: In Deutschland hat sich der Bestand an Kraftfahrzeugen von 1950 bis 2016 von etwa 3 Millionen Fahrzeugen auf knapp 55 Millionen Fahrzeuge etwa verachtzehnfacht (DIW Berlin 2016: 150). Die Fahrleistung der KFZ hat sich in Deutschland von 1952 bis zum Jahr 2014 von 40 Mrd. Kilometern auf 740 Mrd. Kilometer sogar fast verneunzehnfacht (BGL 2016: 2). Beim Flugverkehr hat sich die Anzahl der in Deutschland startenden Flug-Passagiere von 1990 bis 2014 von etwa 24 Mio. auf knapp 82 Mio. mehr als verdreifacht (Statistisches Bundesamt 2016a).

Das wachsende Verkehrsaufkommen geht dabei einher mit vielfältigen negativen Umweltwirkungen. So war der Verkehr im Jahr 2014 für 18% der THG-Emissionen verantwortlich (BMUB 2016a: 20). Dabei hat sich sein Anteil über die Jahre deutlich erhöht: im Jahr 1990 lag er noch bei nur 13%.<sup>94</sup> Die Stagnation der THG-Emissionen des Verkehrsbereichs wird dabei einer der Gründe sein, warum das Klimaziel einer Reduktion der THG-Emissionen von 1990 bis 2020 um 40% von Deutschland möglicherweise verfehlt werden wird: So lag der geplante Reduzierungsbeitrag des Verkehrsbereichs von 1990 bis 2020 bei 7 bis 10 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e; erreicht werden nach aktueller Schätzung bis 2020 mit den bislang geplanten Maßnahmen nur Einsparungen in Höhe von 1,15 bis 1,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e (BMUB 2016a: 83). Sollen schließlich auch die THG-Minderungsziele von 80-95% bis zum Jahr 2050 realisiert werden, so stellt die Transformation des Mobilitätsbereichs eine enorm große – wenn nicht sogar die größte – Herausforderung auf dem Weg dorthin dar.<sup>95</sup>

---

<sup>93</sup> Mit dem Begriff Mobilität ist hier die räumliche Mobilität gemeint und nicht beispielsweise die soziale Mobilität.

<sup>94</sup> Verantwortlich dafür sind jedoch nicht steigende Verkehrsemissionen – diese blieben etwa konstant –, sondern Rückgänge bei den anderen Emissionsquellen (zum Beispiel bei der Energiewirtschaft).

<sup>95</sup> Siehe zu diesem Themenkomplex zum Beispiel auch (BMUB 2016b: 49-56).

Hochaktuell ist derzeit die Debatte über die negativen Auswirkungen der durch den Straßenverkehr verursachten Feinstaub- und Stickstoffoxidemissionen, die sich im Zuge des Diesel-Skandals noch weiter zugespitzt hat. Nach Berechnungen einer in der Fachzeitschrift *Nature* erschienenen Studie von Anenberg et al. (2017: 468), waren die Nichteinhaltungen der Emissionsstandards bei Dieselfahrzeugen weltweit für 38.000 vorzeitige Todesfälle verantwortlich, wovon 11.400 davon der EU-28 zuzurechnen seien. Werden die EU-Grenzwerte nicht eingehalten, so drohen zum einen Strafzahlungen von Seiten der EU (Europäische Kommission 15.02.2017) und zum anderen Fahrverbote für die betroffenen Dieselfahrzeuge (Verwaltungsgericht Stuttgart 28.07.2017).

Der Untersuchungsbereich dieses Kapitels besteht aus den privaten Fahrleistungen der privaten Haushalte. Innerhalb dieser Arbeit sind bei den Auswertungen der MiD2008 zunächst die gesamten, also auch die dienstlichen Fahrleistungen der privaten Haushalte enthalten.<sup>96</sup> Die dort vorgenommenen Auswertungen ergeben, dass dienstliche Wege und Reisen für etwa 20% der gesamten Fahrleistungen verantwortlich sind (siehe Differenz aus Schaubild 147 und Schaubild 87).<sup>97</sup> Diese 20% werden letztlich von den weiteren Berechnungen ausgeschlossen, so dass allein die privaten Fahrleistungen der privaten Haushalte übrig bleiben.

### 9.3 Auswertung der Ausgaben (Schritt 3)

#### 9.3.1 Differenzierungsgrad der Ausgaben

##### 9.3.1.1 *Durchschnittliche Personenkraftwagen als Repräsentant für gesamten MIV*

Im Zuge der Berechnungen in diesem Kapitel wird vereinfachend angenommen, dass die gesamten Kraftstoffausgaben für durchschnittliche Personenkraftwagen (PKW) getätigt wurden. Dabei wird zwischen durchschnittlichen Benzin- und Diesel-PKW unterschieden (siehe Kapitel 9.3.1.3). Eine Berücksichtigung anderer Verkehrsmittel des motorisierten Individualverkehrs (MIV) findet nicht statt. Da die Ergebnisse auf den gesamten in den EVS angegebenen Kraftstoffausgaben beruhen (und im Sinne einer konsistenten Benennung), wurde sich dazu entschlossen die Ergebnisse nicht unter der Bezeichnung „PKW“, sondern unter der Bezeichnung „MIV“ zu führen. Ab dem Berechnungsschritt der Verbräuche beruhen jedoch zahlreiche verwendete Berechnungsvariablen auf Werten für PKW. Dadurch entsteht natürlich eine Ungenauigkeit. Deren Umfang ist jedoch begrenzt, da Auswertungen zum MIV zeigen, dass der allergrößte Teil des MIV mit PKW zurückgelegt wird. Die eigenen Auswertungen der MiD2008 zeigen beispielsweise, dass bei den täglichen Wegen der Fahrleistungsanteil der PKW am gesamten

<sup>96</sup> Bei der EVS werden nur diejenigen Fahrleistungen berücksichtigt, für die die Haushalte die Kosten selbst tragen mussten. Insofern sind die vom Arbeitgeber getragenen Fahrleistungen bereits ausgeschlossen.

<sup>97</sup> Zu ähnlichen Werten, allerdings allein für den Straßenverkehr, kommt auch die Umweltökonomische Gesamtrechnung (UGR): Lauter dieser waren im Jahr 2013 76% der Fahrleistungen den privaten Haushalten und 24% den Produktionsbereichen zuzurechnen (Statistisches Bundesamt 2015a, Tabelle 11.4.1).

MIV bei 99% liegt (siehe Schaubild 87). Diese enorme Dominanz der PKW rechtfertigt nach Ansicht des Autors die vorgenommene Vereinfachung, da durch die Einbeziehung weiterer Verkehrsmittel des MIV (zum Beispiel Motorräder, LKW, Busse, ...) sonst ein erheblicher Mehraufwand entstanden wäre, dessen zusätzlicher Erkenntnisgewinn voraussichtlich nur sehr klein gewesen wäre. Trotzdem sollte dieser Umstand bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

#### **9.3.1.2 Abzug von Schmierstoffen**

Die EVS-Ausgabenvariable für Kraftstoffe (ef300; EF383) enthält neben Kraftstoffausgaben auch Ausgaben für Schmiermittel, also zum Beispiel Motorenöle. Diese sind jedoch nicht Teil der hier vorgenommenen Untersuchung. Deswegen wird deren Ausgabenanteil geschätzt und abgezogen. Für die Schätzung des Anteils der Schmiermittel wurden Daten des Wägungsschemas des Jahres 2010 verwendet, das das Statistische Bundesamt im Rahmen des Verbraucherpreisindex berechnet und einsetzt (Statistisches Bundesamt 2013b).<sup>98</sup> Laut dem Wägungsschema 2010 sind Motorenöle im Durchschnitt für 1,0% der Ausgaben der Position „Kraftstoffe und Schmiermittel“ verantwortlich. Sowohl bei der EVS2008 (ef300) als auch bei der EVS2013 (EF383) wurde dieses eine Prozent abgezogen.

#### **9.3.1.3 Differenzierung der Kraftstoffart**

Aus den EVS-Daten lässt sich keine Differenzierung bezüglich der Kraftstoffart ableiten. Über die bereits erwähnten Daten des Wägungsschemas wäre eine solche Differenzierung zwar möglich, allerdings nur für den Durchschnitt und nicht einkommensspezifisch. Deswegen wird zur Aufspaltung der Kraftstoffausgaben der EVS auf Daten der Erhebung MiD2008, genauer gesagt des Auto-Datensatzes zurückgegriffen (näheres zum MiD2008-Datensatz in Kapitel 9.5.3). Dabei wurden eigene Auswertungen vorgenommen, die hier nun erläutert werden. Bei allen Schritten wurde der im Datensatz enthaltene Gewichtungsfaktor „Auto“ verwendet. Aufgrund der beschränkten Analysemöglichkeit bezüglich des Nettoäquivalenzeinkommens (siehe Kapitel 9.5.3.1.1) ist nur eine Aufteilung nach Quintilen möglich.

Im ersten Schritt wird der Auto-Datensatz der MiD2008 bezüglich des Antriebstyps nach dem Nettoäquivalenzeinkommen differenziert ausgewertet. Die Ergebnisse spiegeln die Anzahl der erfassten Autos mit dem jeweiligen Antriebstyp wieder (siehe Tab. 59).

---

<sup>98</sup> Die dazu benötigten Daten auf der tiefsten Aggregationsebene (COICOP-10-Steller) wurden auf Anfrage vom Statistischen Bundesamt bereitgestellt.

Tab. 59: Autos nach Antriebstyp (Anzahl)

Antriebstyp	Nettoäquivalenzeinkommen (Quintile)				
	1	2	3	4	5
<b>Benzin</b>	4.555	5.339	3.470	4.725	4.185
<b>Diesel</b>	1.085	1.019	1.124	1.579	2.010
<b>Gas</b>	50	59	34	36	67
<b>Hybrid</b>	5	6	2	5	7
<b>Elektroantrieb</b>	0	0	0	0	0
<b>anderer Antrieb</b>	14	9	12	19	14
<b>verweigert</b>	0	2	2	1	2
<b>weiß nicht</b>	8	4	0	4	10
<b>keine Angabe</b>	0	10	1	1	0
<b>Gesamtsumme</b>	5.717	6.448	4.645	6.370	6.295

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Im zweiten Schritt wird der Autodatensatz der MiD2008 bezüglich der durchschnittlichen Jahresfahrleistung der Autos differenziert nach dem Antriebstyp und nach dem Nettoäquivalenzeinkommen ausgewertet (siehe Tab. 60).

Tab. 60: Durchschnittliche Jahresfahrleistung der Autos nach Antriebstyp (km/a)

Antriebstyp	Nettoäquivalenzeinkommen (Quintile)				
	1	2	3	4	5
<b>Benzin</b>	11.390	11.133	12.265	12.508	12.707
<b>Diesel</b>	18.360	19.651	20.810	22.182	27.110
<b>Gas</b>	18.873	17.383	18.749	20.518	22.258
<b>Hybrid (</b>	16.246	17.190	12.840	15.759	16.490
<b>Elektroantrieb</b>					
<b>anderer Antrieb</b>	14.426	15.207	20.217	17.040	22.447
<b>verweigert</b>		3.333			6.667
<b>weiß nicht</b>	1.000	36.000		10.000	5.000
<b>keine Angabe</b>		8.000	25.000		

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Im dritten Schritt werden die Ergebnisse der ersten beiden Schritte multipliziert, um so die durchschnittliche Gesamtjahresfahrleistung der erfassten Autos zu erhalten (siehe Tab. 61). Basierend auf diesen werden die prozentualen Anteile der Antriebsarten für das jeweilige Quintil berechnet (siehe Tab. 62).

Tab. 61: Aggregierte Jahresfahrleistung der erfassten Autos nach Antriebstyp (km/a)

Antriebstyp	Nettoäquivalenzeinkommen (Quintile)					Gesamt
	1	2	3	4	5	
<b>Benzin</b>	51.880.561	59.438.417	42.558.215	59.100.033	53.176.957	266.309.505
<b>Diesel</b>	19.920.355	20.024.720	23.389.922	35.025.076	54.491.036	153.219.276
<b>Gas</b>	943.675	1.025.604	637.468	738.631	1.491.291	4.843.033
<b>Hybrid</b>	81.231	103.142	25.679	78.793	115.429	403.903
<b>Elektroantrieb</b>	0	0	0	0	0	0
<b>anderer Antrieb</b>	201.968	136.864	242.607	323.763	314.251	1.232.703
<b>verweigert</b>	0	6.667	0	0	13.333	32.215
<b>weiß nicht</b>	8.000	144.000	0	40.000	50.000	177.331
<b>keine Angabe</b>	0	80.000	25.000	0	0	113.949
<b>Gesamtsumme</b>	73.035.790	80.959.413	66.878.891	95.306.297	109.652.298	426.331.915

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Tab. 62: Anteile der Antriebsarten an aggregierter Jahresfahrleistung der erfassten Autos nach Antriebstyp (%)

Antriebstyp	Nettoäquivalenzeinkommen (Quintile)					Gesamt
	1	2	3	4	5	
<b>Benzin</b>	71%	73%	64%	62%	48%	62%
<b>Diesel</b>	27%	25%	35%	37%	50%	36%
<b>Gas</b>	1,3%	1,3%	1,0%	0,8%	1,4%	1,1%
<b>Hybrid</b>	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%
<b>Elektroantrieb</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>andererAntrieb</b>	0,3%	0,2%	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%
<b>verweigert</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>weiß nicht</b>	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>keine Angabe</b>	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Gesamtsumme</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Im vierten Schritt werden alle anderen Antriebsarten außer Benzin und Diesel ausgeschlossen. Denn wie die Auswertungen zeigen, haben diese einen sehr geringen Anteil an der Gesamtfahrleistung. Allein die Antriebsart „Gas“ weist einen nennenswerten Anteil von durchschnittlich 1,1% auf. Es wurde sich jedoch dazu entschlossen auch „Gas“ nicht extra zu berücksichtigen, da der geringe Anteil und der daraus voraussichtlich entstehende Mehrwert den zusätzlichen Mehraufwand einer Berücksichtigung nach Ansicht des Autors nicht rechtfertigt. Dies stellt aber natürlich eine Ungenauigkeit dar. Im vierten Schritt wurden also alle anderen Antriebsarten außer „Benzin“ und „Diesel“ ausgeschlossen und dann die prozentualen Anteile der beiden Antriebsarten ermittelt (siehe Tab. 63).



**Tab. 63: Anteile von Benzin und Diesel an aggregierter Jahresfahrleistung der erfassten Autos nach Antriebstop ( % )**

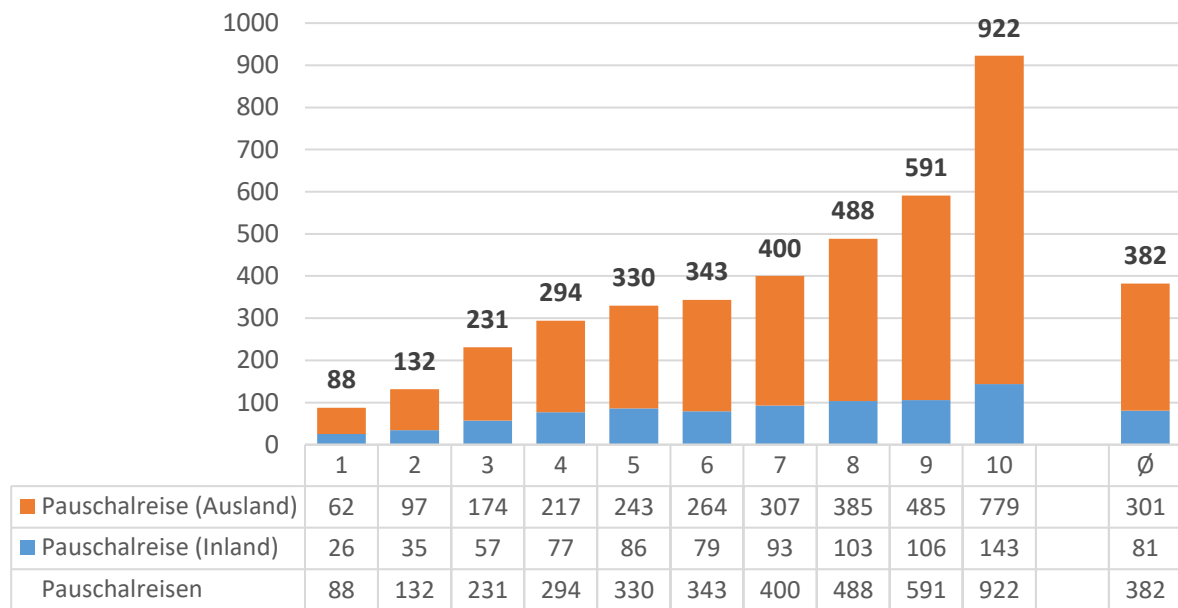
Antriebstop	Nettoäquivalenzeinkommen (Quintile)					Gesamt
	1	2	3	4	5	
<b>Benzin</b>	72%	75%	65%	63%	49%	63%
<b>Diesel</b>	28%	25%	35%	37%	51%	37%

*Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung*

Die in Tab. 63 dargestellten Werte zu den Anteilen der Antriebsarten an den Jahresfahrleistungen werden eingesetzt, um die Kraftstoffausgaben der EVS aufzuteilen in Ausgaben für „Benzin“ und „Diesel“. Da über die MiD2008 nur Auswertungen auf Quintilebene möglich sind, müssen diese den Auswertungen der EVS auf Dezilebene zugeordnet werden. Dabei wird die einfache Methode gewählt, einem Quintil jeweils die entsprechenden Dezile zuzuweisen. Den Dezilen 1 und 2 werden also die Anteile des ersten Quintils, den Dezilen 3 und 4 die des zweiten Quintils usw. zugeordnet. Insgesamt stellt die hier vorgenommene Aufteilung natürlich nur eine Schätzung der tatsächlichen Aufteilung dar.

#### **9.3.1.4 Einbeziehung der Ausgaben für Pauschalreisen**

In der EVS werden Ausgaben für Pauschalreisen ins In- und Ausland erfasst (siehe Schaubild 63). In den Ausgaben für Pauschalreisen sind auch Ausgaben für Verkehrsdienstleistungen enthalten. Allerdings lässt sich nicht ohne weiteres feststellen, welchen Anteil sie einnehmen. Deswegen wird ein grobes Schätzverfahren eingesetzt, um zumindest den als am relevantesten angesehenen Teil der in den Pauschalreisen enthaltenen Verkehrsausgaben zu schätzen: Es wird angenommen, dass ein Drittel der Ausgaben für Pauschalreisen ins Ausland Flugausgaben darstellen. Ausgaben für andere Verkehrsmittel und der Verkehrsausgabenanteil für Pauschalreisen ins Inland werden nicht hinzu geschätzt, insofern findet also eine Unterschätzung statt. Beim MIV – der den Kraftstoffausgaben in der EVS entspricht – ist aber davon auszugehen, dass keine Unterschätzung vorliegt, da Ausgaben für diese (im Normalfall) nicht Teil von Pauschalreisen sind.

**Schaubild 63: Ausgaben für Pauschalreisen im Jahr 2013 (€/P/a)**

Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

### 9.3.1.5 Klassifikation

Über die EVS und die oben aufgeführten Berechnungsschritte wurde schließlich die in Tab. 64 dargestellte eigene Klassifikation im Mobilitätsbereich gebildet. In Tab. 23 sind die zugrunde liegenden Berechnungsformeln aufgeführt.

**Tab. 64: Zuordnung der EVS-Ausgabevariablen auf eigene Klassifikation**

EVS2008		EVS2013		Eigene Klassifikation
ef300	Kraftstoffe und Schmiermittel	EF383	Kraftstoffe, Autogas, Strom für Elektroauto, Schmiermittel	MIV Benzin
				MIV Diesel
				Schmiermittel (1%)
ef306	Fremde Verkehrsdienstleistungen - ohne im Luftverkehr/ohne Übernachtung	EF386	Fremde Verkehrsdienstleistungen (ohne Übernachtung) - nicht Luftverkehr	Verkehrsdienstl. (oÜ)
ef307	Fremde Verkehrsdienstleistungen - ohne im Luftverkehr/mit Übernachtung	EF387	Fremde Verkehrsdienstleistungen (mit Übernachtung) - nicht Luftverkehr	Verkehrsdienstl. (mÜ)
ef308	Fremde Verkehrsdienstleistungen - im Luftverkehr/ohne Übernachtung	EF388	Fremde Verkehrsdienstleistungen (ohne Übernachtung) - Luftverkehr	Flüge (oÜ)
ef309	Fremde Verkehrsdienstleistungen - im Luftverkehr/mit Übernachtung	EF389	Fremde Verkehrsdienstleistungen (mit Übernachtung) - Luftverkehr	Flüge (mÜ)
ef344	1/3* Pauschalreisen: Ausland	EF429	1/3* Pauschalreisen: Ausland	Flüge (Pauschal)

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Zuordnung

Tab. 65: Zuordnungsschlüssel/ Berechnungsformeln der eigenen Klassifikation

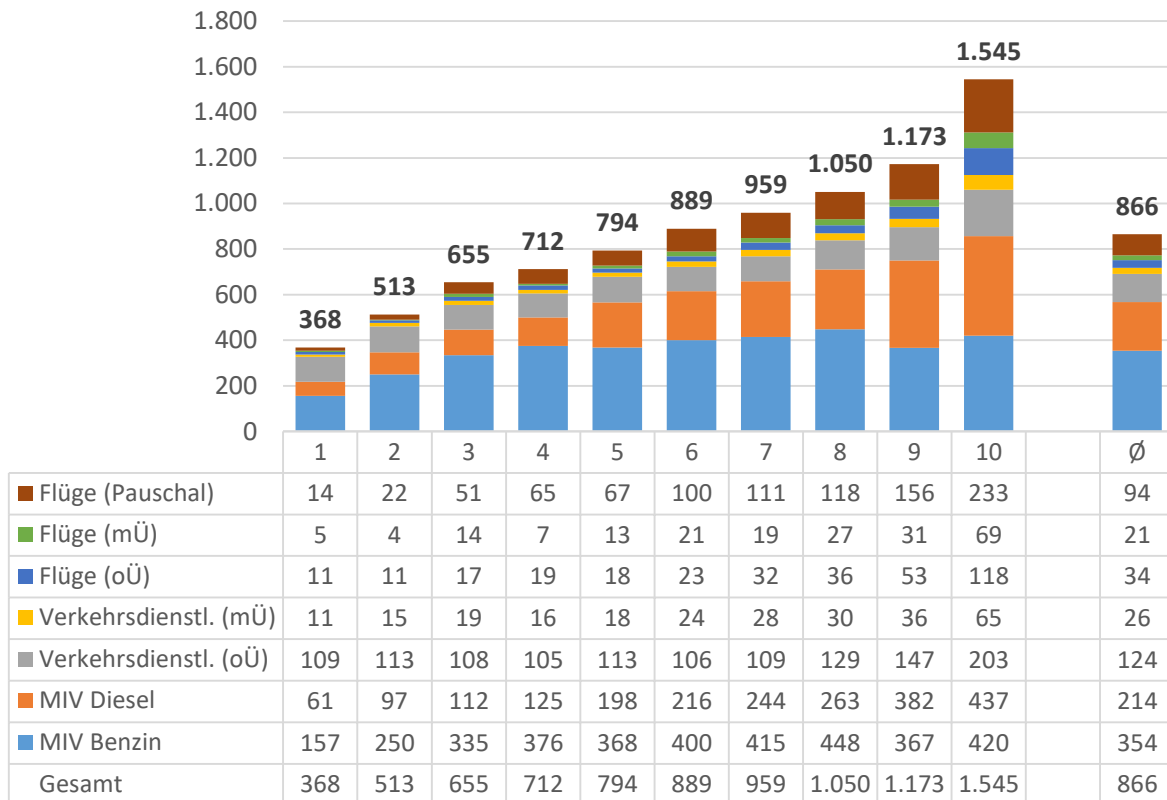
Eigene Klassifikation	EVS2008	EVS2013
MIV Benzin	1. Quintil: $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,72$ 2. Quintil: $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,75$ 3. Quintil: $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,65$ 4. Quintil: $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,63$ 5. Quintil: $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,49$ $\emptyset$ : $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,63$	1. Quintil: $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,72$ 2. Quintil: $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,75$ 3. Quintil: $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,65$ 4. Quintil: $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,63$ 5. Quintil: $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,49$ $\emptyset$ : $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,63$
MIV Diesel	1. Quintil: $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,28$ 2. Quintil: $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,25$ 3. Quintil: $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,35$ 4. Quintil: $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,37$ 5. Quintil: $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,51$ $\emptyset$ : $ef300 \cdot 0,99 \cdot 0,37$	1. Quintil: $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,28$ 2. Quintil: $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,25$ 3. Quintil: $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,35$ 4. Quintil: $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,37$ 5. Quintil: $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,51$ $\emptyset$ : $EF383 \cdot 0,99 \cdot 0,37$
Verkehrsdienstl. (oÜ)	ef306	EF386
Verkehrsdienstl. (mÜ)	ef307	EF387
Flüge (oÜ)	ef308	EF388
Flüge (mÜ)	ef309	EF389
Flüge (Pauschal)	$1/3 \cdot ef344$	$1/3 \cdot EF429$

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Zuordnung

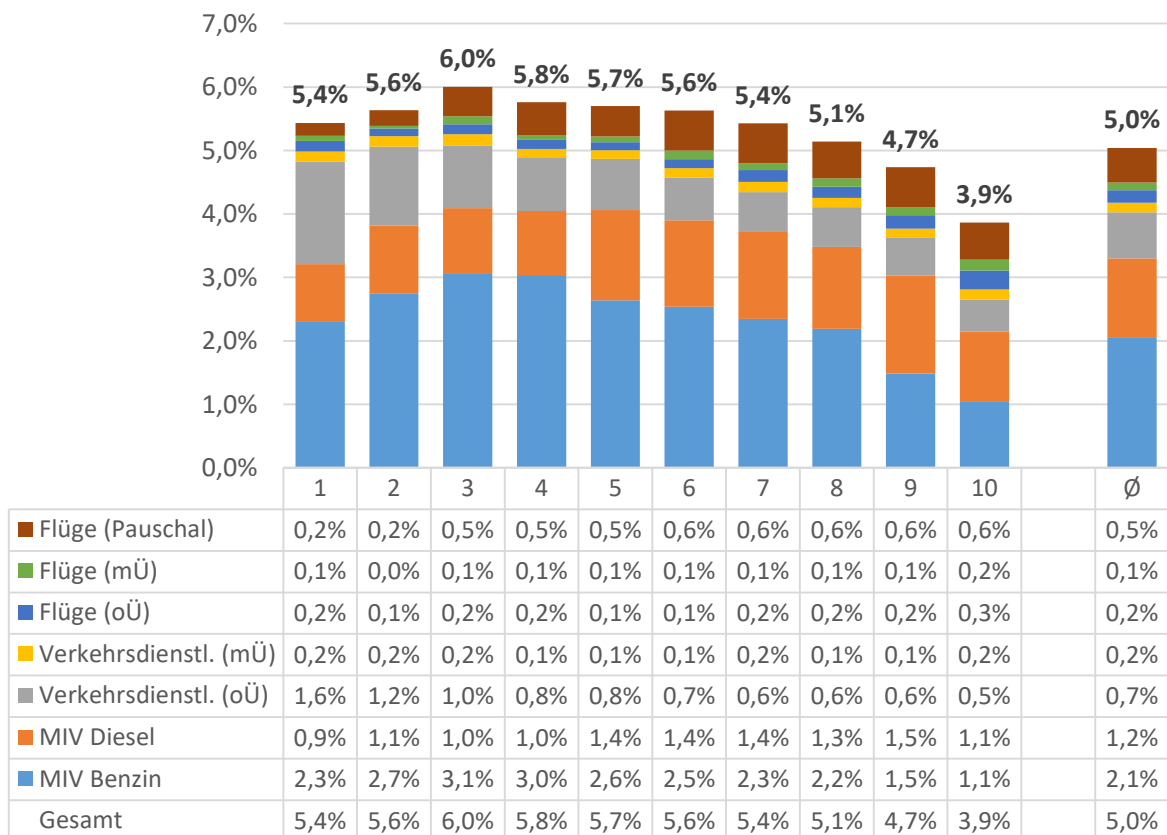
### 9.3.2 Ergebnisse

Die direkten Ausgaben für Mobilität (hier definiert als Kraftstoffausgaben und Ausgaben für Mobilitätsdienstleistungen) weisen im Jahr 2008 einen monoton steigenden Verlauf über die Dezile auf (siehe Schaubild 64). Sie steigen von 368 €/P/a im ersten Dezil auf 1.545 €/P/a im zehnten Dezil, was einer Steigerung auf das 4,2-fache entspricht. Den größten Anteil an den direkten Mobilitätsausgaben machen in allen Dezilen die Kraftstoffausgaben (MIV Diesel + MIV Benzin) aus. Durchschnittlich sind sie für 65% verantwortlich, wobei ihr Maximum im fünften Dezil mit 71% und ihr Minimum mit 55% im zehnten Dezil liegen. Entsprechend der in Kapitel 9.3.1.3 berechneten Aufteilung liegt der Anteil für Diesel-Kraftstoffe im neunten und zehnten Dezil mit 51% am höchsten und im dritten und vierten Dezil mit 25% am niedrigsten. Die aggregierten Ausgaben für Flüge weisen ebenfalls einen streng monoton steigenden Verlauf auf, wobei sie mit 420 €/P/a im zehnten Dezil etwa das 14-fache der Flugausgaben des ersten Dezils (30 €/P/a) betragen.

Bezogen auf das Pro-Kopf-Nettoeinkommen (siehe Schaubild 65) lässt sich feststellen, dass der Anteil der direkten Mobilitätsausgaben zunächst vom ersten bis dritten Dezil von 5,4% auf 6,0% ansteigt, danach aber streng monoton abfällt bis auf 3,9% im zehnten Dezil. Durchschnittlich liegt der Anteil bei 5,0%.

**Schaubild 64: Ausgaben für Mobilität 2008 (€/P/a)**

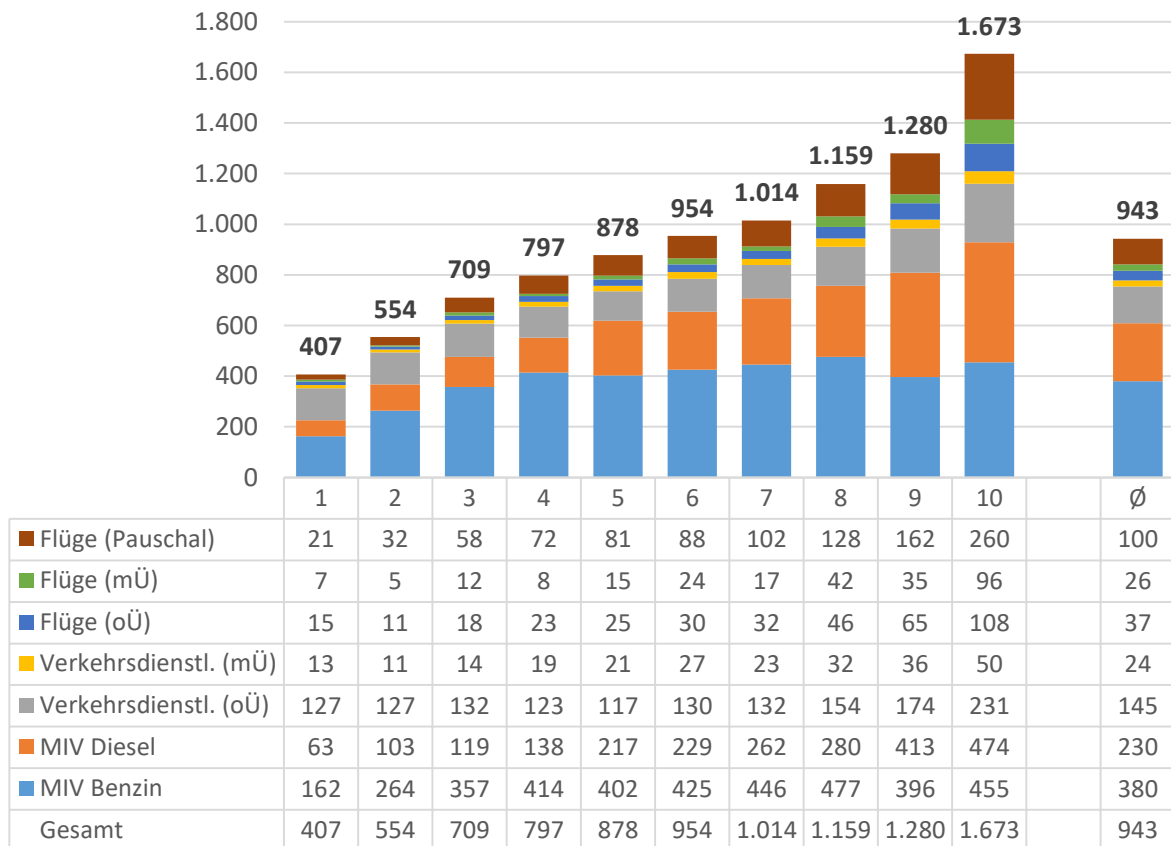
Quelle: FDZ 2010; eigene Berechnung

**Schaubild 65: Ausgabenanteile für Mobilität 2008 (% des Pro-Kopf-Nettoeinkommens)**

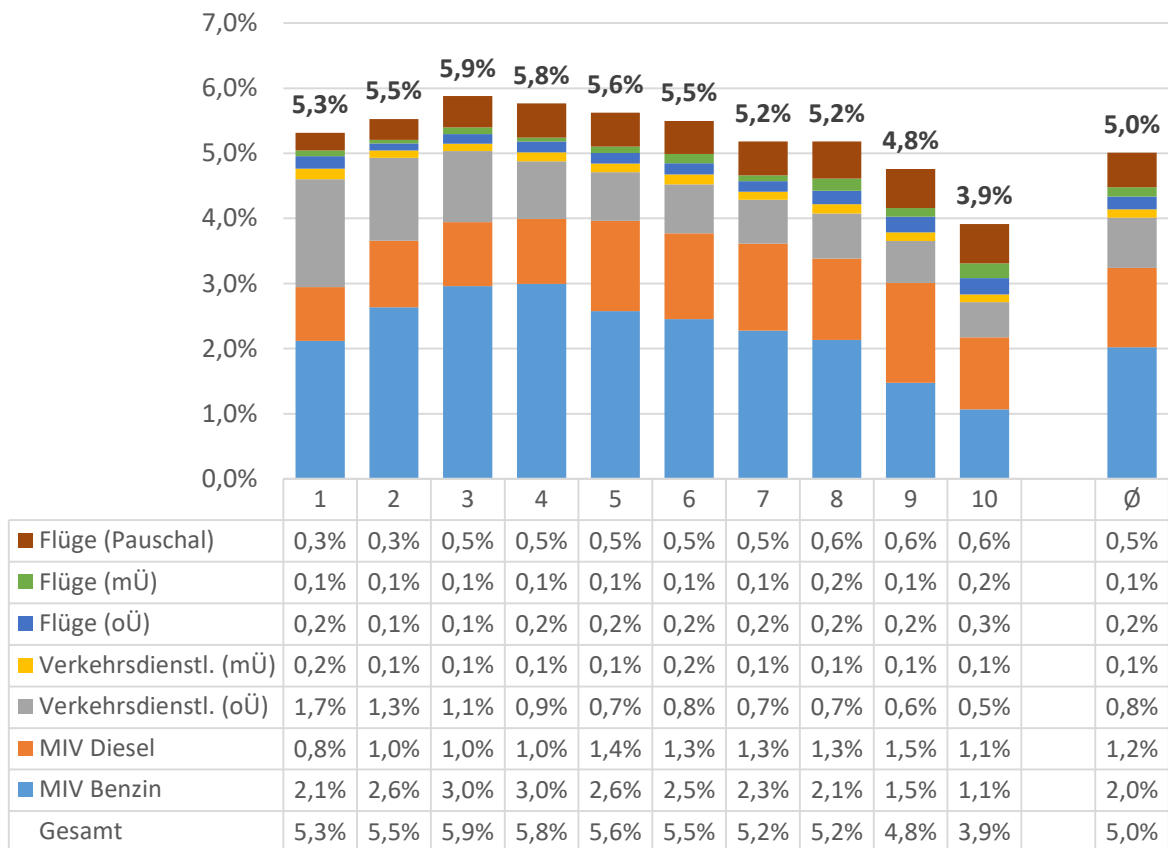
Quelle: FDZ 2010; eigene Berechnung

Die direkten Mobilitätsausgaben weisen im Jahr 2013 wie schon im Jahr 2008 einen streng monoton steigenden Verlauf über die Dezile hinweg auf (siehe Schaubild 66). Sie steigen von 407 €/P/a im ersten Dezil auf 1.673 €/P/a im zehnten Dezil, was einer Steigerung auf das 4,1-fache entspricht. Den größten Anteil an den Mobilitätsausgaben machen in allen Dezilen die Kraftstoffausgaben aus. Durchschnittlich machen sie wie im Jahr 2008 65% aus, wobei ihr Maximum im fünften Dezil mit 70% und ihr Minimum mit 56% im zehnten Dezil liegen. Die aggregierten Ausgaben für Flüge weisen ebenfalls einen streng monoton steigenden Verlauf auf, wobei sie mit 464 €/P/a im zehnten Dezil etwa das 11-fache der Flugausgaben des ersten Dezils (42 €/P/a) betragen. Bezogen auf das Pro-Kopf-Nettoeinkommen (siehe Schaubild 67) lässt sich feststellen, dass der Anteil der hier erfassten Mobilitätsausgaben zunächst vom ersten bis dritten Dezil von 5,3% auf 5,9% ansteigt, danach aber streng monoton abfällt bis auf 3,9% im zehnten Dezil. Durchschnittlich liegt der Anteil bei 5,0%.

**Schaubild 66: Ausgaben für Mobilität 2013 (€/P/a)**

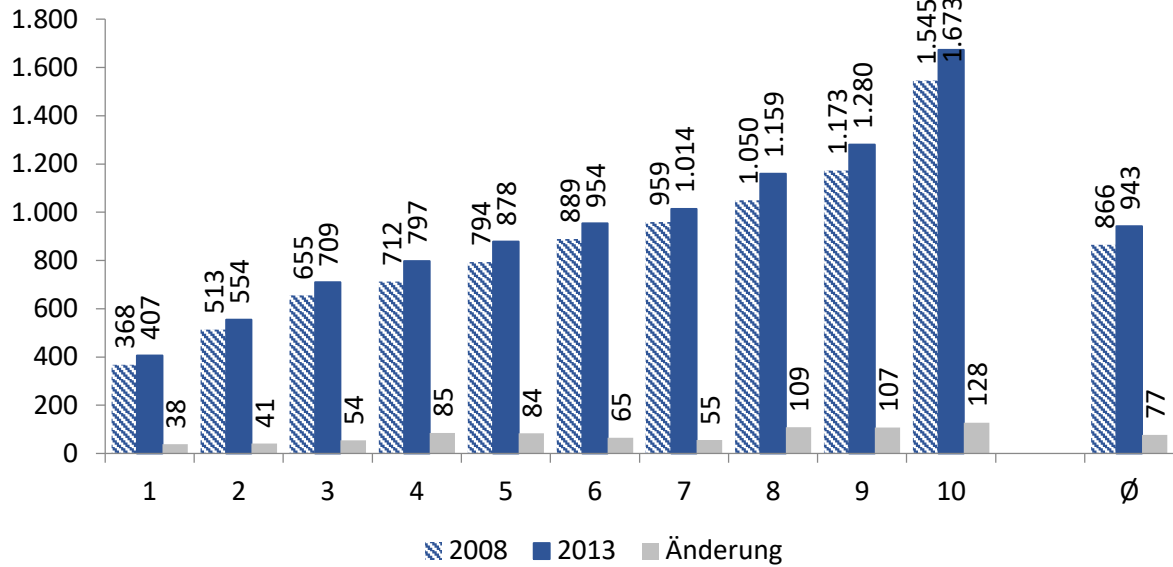


Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

**Schaubild 67: Ausgabenanteile für Mobilität 2013 (% des Nettoeinkommens)**

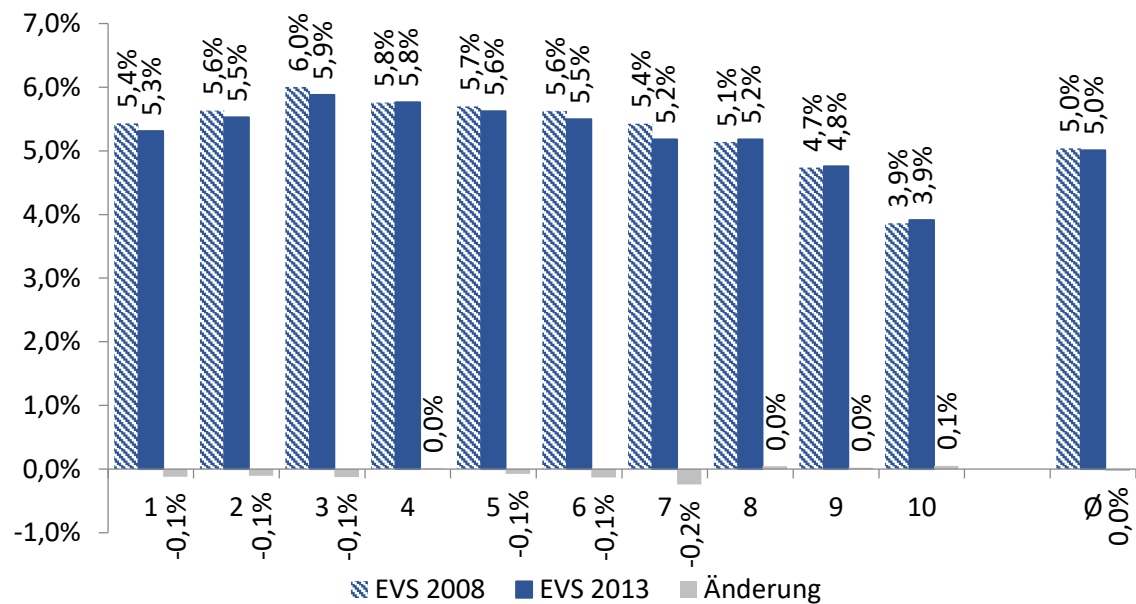
Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

Die hier erfassten Ausgaben für Mobilität (Kraftstoffausgaben und Ausgaben für Mobilitätsdienstleistungen) sind von 2008 bis 2013 in allen Dezilen angestiegen (siehe Schaubild 68). Durchschnittlich betrug die Steigerung 70 €/P/a, was 9% entspricht. Im vierten Dezil lag die prozentuale Steigerung mit 12% am höchsten, im siebten Dezil lag sie mit 6% am niedrigsten.

**Schaubild 68: Ausgabenvergleich EVS Mobilität 2008 und 2013 (€/P/a)**

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Berechnung

Der Anteil am Pro-Kopf-Nettoeinkommen blieb im Durchschnitt mit 5,0% konstant (siehe Schaubild 69). Der größte Rückgang ist im siebten Dezil mit 0,2 Prozentpunkten zu beobachten. Der größte Anstieg in Höhe von 0,1 Prozentpunkten ist im zehnten Dezil festzustellen.

**Schaubild 69: Ausgabenvergleich Mobilität 2008 und 2013 (% des Nettoeinkommens)**

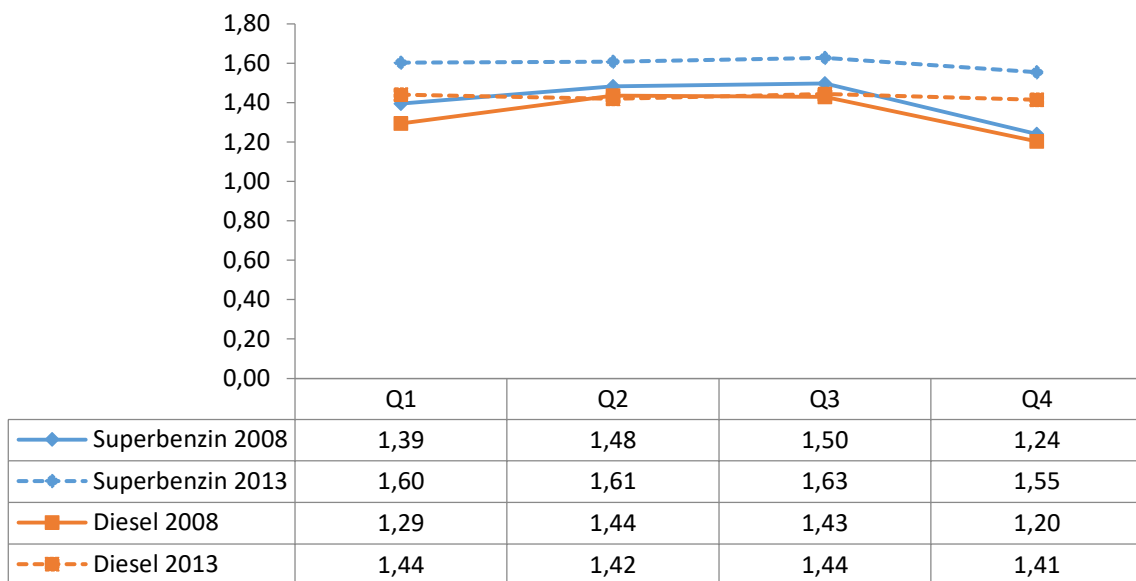
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Berechnung

## 9.4 Aufstellung der Preis-Ausgaben-Funktionen (Schritt 4)

### 9.4.1 Benzin und Diesel

Die Preise für Benzin und Diesel stammen aus Daten des BMWi. Das BMWi veröffentlicht verschiedenste Informationen aus dem Energiebereich regelmäßig in der Reihe „Energiedaten“ (BMWi 2014). Die Preisdaten entstammen der Tabelle 26a „Entwicklung von monatlichen Energiepreisen zu nominalen Preisen“, wo sie auf monatlicher Basis vorliegen. Konkret verwendet wurden die Variablen „Superbenzin“ und „Dieselkraftstoff“. Um diese für die EVS-Daten nutzbar zu machen, wurden die monatlichen Werte zu Quartalswerten zusammengefasst (siehe Schaubild 70). Es zeigt sich ein deutlich schwankender Verlauf, insbesondere im Jahr 2008 zwischen dem dritten und vierten Quartal: So fiel der Preis für Superbenzin in diesem Zeitraum von 1,50 €/l auf 1,24 €/l, der für Diesel von 1,43 €/l auf 1,20 €/l. Das zeigt, dass eine Preisdifferenzierung nach dem Zeitpunkt des Kaufs äußerst sinnvoll ist. Im Sinne noch genauerer Ergebnisse wäre eine weitere Differenzierung in Monats- oder noch genauere Werte von Vorteil, mit den eingesetzten EVS-Daten ist das jedoch nicht möglich.

Schaubild 70: Kraftstoffpreise (€/l)



Quelle: BMWi 2014; eigene Berechnung

## 9.5 Berechnung der Verbräuche (Schritt 5)

### 9.5.1 Umrechnungsfaktoren

Zum Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln und in Vorbereitung auf die weiteren Auswertungen, werden die Mengenauswertungen des Kraftstoffbereichs bezüglich der Fahrleistung in Personenkilometern durchgeführt. Die dazu notwendigen Annahmen und Berechnungsschritte werden im Folgenden erläutert.



Es wird vereinfachend angenommen, dass die gesamten Kraftstoffausgaben allein für durchschnittliche Personenkraftwagen (PKW) getätigt wurden. Ausführlicher begründet wird dieses Vorgehen in Kapitel 9.3.1.1.

Um die Ergebnisse der Mengenauswertungen des Mobilitätsbereichs vergleichbar mit den anderen Bereichen zu machen, werden die zunächst in Liter vorliegenden Ergebnisse der EVS mittels des Energieeinheitenrechners der AGEB (AGEB 2016d) in Kilowattstunden umgerechnet.<sup>99</sup> Um die EVS-Ergebnisse mit denen der MiD2008 vergleichbar zu machen, werden die in kWh vorliegenden EVS-Ergebnisse außerdem in Fahrleistungen in der Einheit Personenkilometer (Pkm) umgerechnet. Dazu sind Angaben zum durchschnittlichen Fahrzeugverbrauch und zum durchschnittlichen Besetzungsgrad notwendig. Um eine Konsistenz mit den später verwendeten Emissionsfaktoren zu gewährleisten werden diese aus der Methodenkonvention 2.0 entnommen (Schwermer et al. 2014: Tabelle B9 und B15). Dabei werden die in der Methodenkonvention für das Jahr 2010 ausgewiesenen Werte – entsprechend dem Vorgehen bei den Emissionsfaktoren (siehe Kapitel 9.6.1) – sowohl für das Jahr 2008 als auch das Jahr 2013 angesetzt. Es ergeben sich leicht höhere Umrechnungsfaktoren für Dieselfahrzeuge, da deren Durchschnittsverbrauch pro Fahrzeugkilometer deutlich niedriger liegt als der von Benzinern (siehe Tab. 66).

**Tab. 66: PKW-Umrechnungsfaktoren Pkm pro kWh**

Variable	Einheit	MIV Benzin	MIV Diesel
		2008 & 2013	
<b>Besetzungsgrad</b>	P/Fz	1,47	1,47
<b>Kraftstoffverbrauch</b>	l/Fzkm	0,0765	0,0595
<b>Energiegehalt</b>	kWh/l	9,011	9,964
<b>Umrechnungsfaktor</b>	Pkm/kWh	2,13	2,48

*Quelle: Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung*

Um die Ergebnisse der MiD2008 in den nachfolgenden Kapiteln vergleichbar zu machen mit den Auswertungen der Bereiche Strom und Wärme, sind aber auch Umrechnungsfaktoren von Personenkilometern in Kilowattstunden notwendig. Für den MIV können die Kehrwerte der in Tab. 66 berechneten Umrechnungsfaktoren verwendet werden. Für die restlichen Verkehrsmittel werden Daten bezüglich des durchschnittlichen Belegungsgrads, des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs und der Energiedichte der Kraftstoffe benötigt. Die dafür benötigten Daten werden den jeweiligen Mobilitätsprozessen der Datenbank GEMIS v4.94 (IINAS 2015) entnommen. Die konkret verwendeten GEMIS-Prozesse,

<sup>99</sup> Umrechnungsfaktor: 1 Liter Ottokraftstoff = 9,01098915323 kWh; 1 Liter Dieseldieselkraftstoff = 9,9643413048 kWh

die weiteren Variablen und die letztlich berechneten Umrechnungsfaktoren sind in Tab. 67 abgebildet.<sup>100</sup>

**Tab. 67: Umrechnungsfaktor anderer Verkehrsmittel kWh pro Pkm**

Variable	Einheit	Flugzeug		U-Bahn, Straßenbahn	S-Bahn, Nahverkehrszug		Fernzug / Bahn	Linienbus, Stadtbus	Reisebus
		5% Flug national	95% Flug international	SSU- Elektrisch- Zug-DE- 2010	20% Zug-Per- sonen- Nah-Diesel- DE-2010	80% Zug-Per- sonen- Nah- Elektro- DE-2010	Zug-Per- sonen- Fern- Elektro- DE-2010	Bus- Linie- Diesel- DE-2010	Bus- Reise- DE- 2010
Kraftstoffverbrauch pro Fzkm	MJ/ Fzkm	228,17	432,72	20,20	56,92	27,58	60,94	13,26	15,85
Besetzungsgrad	P/ Fz	83	243	50	55	55	690	20	30
Kraftstoffverbrauch pro pkm	MJ/ Pkm	2,75	1,78	0,40	1,03	0,50	0,09	0,66	0,53
Umrechnungsfaktor kWh pro MJ	kWh/ MJ	0,2778							
Umrechnungsfaktor	kWh/ Pkm	0,76	0,49	0,11	0,29	0,14	0,02	0,18	0,15
Umrechnungsfaktor	kWh/ Pkm	0,51		0,11	0,17		0,02	0,18	0,15

Quelle: IINAS 2015; eigene Berechnung

## 9.5.2 Ergebnisse der EVS

### 9.5.2.1 Energieverbräuche des MIV

In diesem Kapitel werden die auf der EVS basierenden Ergebnisse zu den Energieverbräuchen des MIV vorgestellt.<sup>101</sup>

Der Kraftstoffenergieverbrauch im Jahr 2008 steigt von 1.452 kWh im ersten Dezil streng monoton bis auf 5.989 kWh im zehnten Dezil (siehe Schaubild 71). Damit beträgt der Verbrauch des zehnten Dezils etwa das 4-fache des ersten Dezils. Durchschnittlich liegt der Kraftstoffverbrauch im Jahr 2008 bei 3.859 kWh.

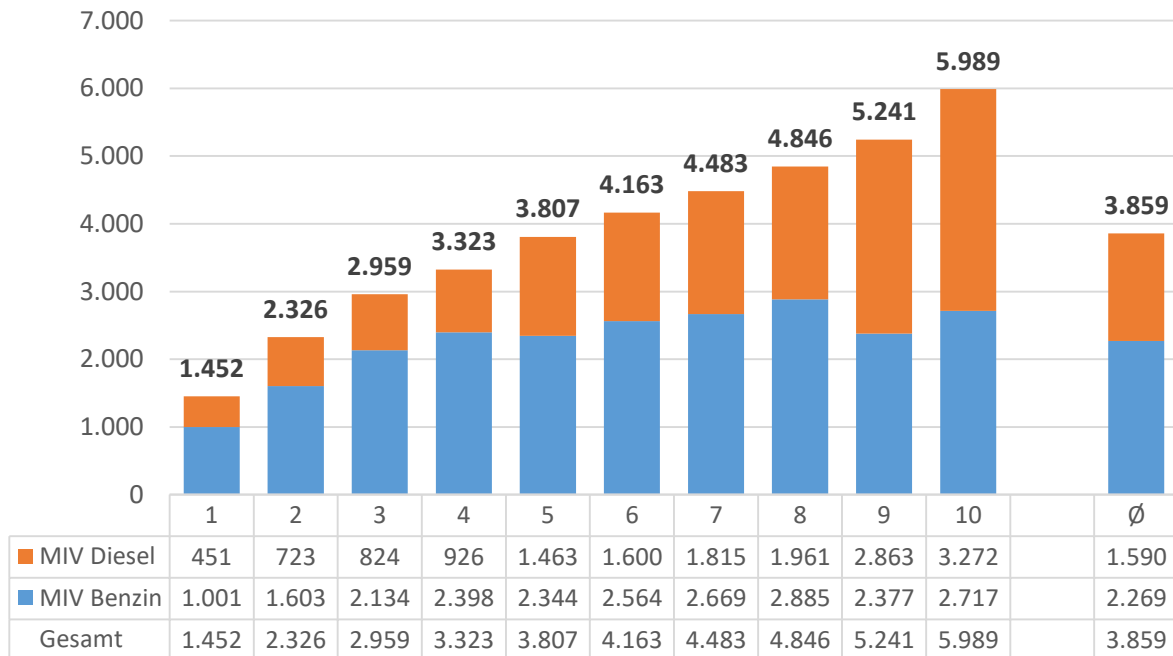
Im Jahr 2013 liegt der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch mit 3.742 kWh etwas niedriger als im Jahr 2008 (-3%; -117 kWh; siehe Schaubild 72). Dabei ist der Energieverbrauch im ersten Dezil mit einem

<sup>100</sup> Näher eingegangen auf die verwendeten Prozesse und Gewichtungen wird in Kapitel 9.6.1.

<sup>101</sup> Die Ausgabenklassen für die anderen Verkehrsmittel in der EVS sind nicht differenziert genug, um auf deren Basis Verbrauchsangaben berechnen zu können. Deswegen wurde zusätzlich die MiD2008 ausgewertet (siehe Kapitel 9.5.3)

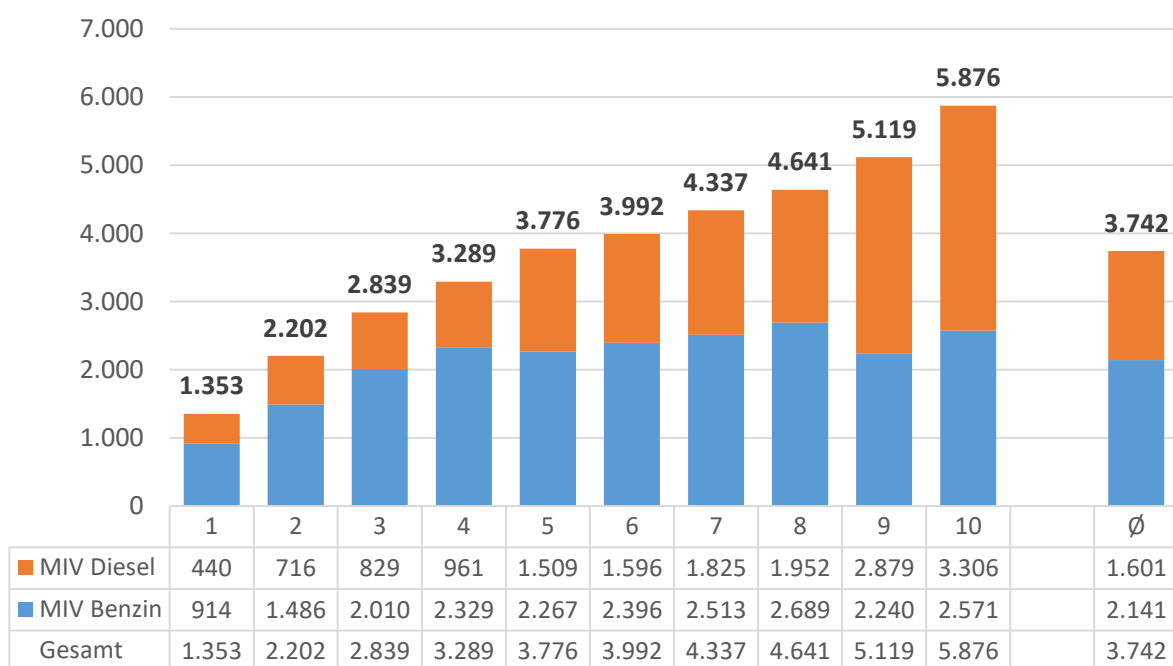
Rückgang von 7% am stärksten. Im zehnten Dezil betrug der Rückgang nur 2%. Folgerichtig hat sich das Verhältnis zwischen erstem und zehntem Dezil im Vergleich zum Jahr 2008 vergrößert: Das zehnte Dezil verbraucht im Jahr 2013 mit 5.876 kWh nun das 4,3-fache des ersten Dezils (1.353 kWh).

**Schaubild 71: Energieverbrauch des MIV 2008 (kWh/P/a)**



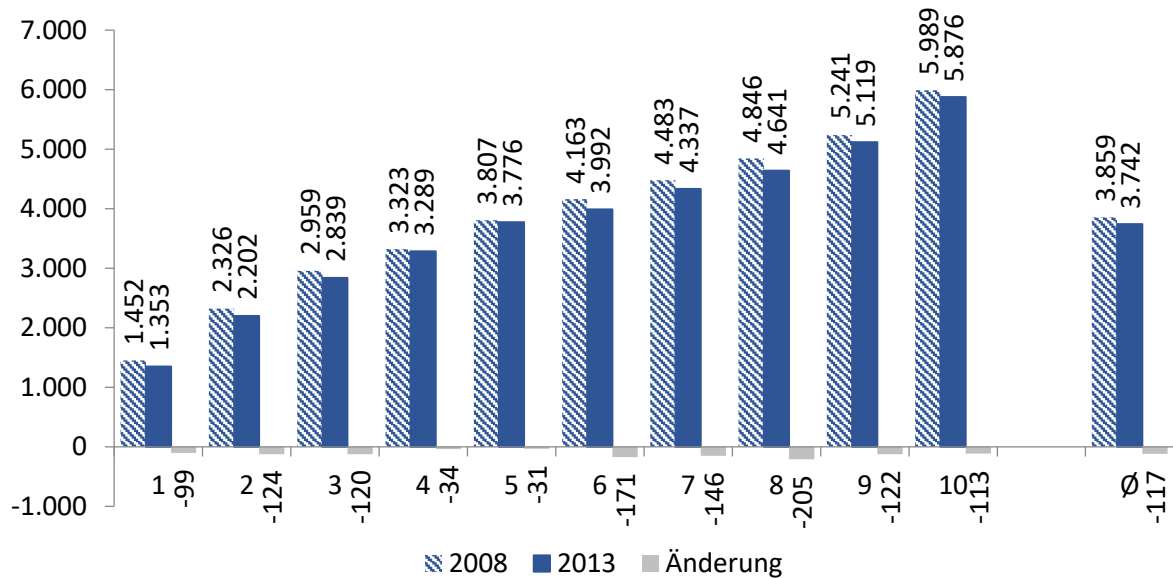
Quellen: FDZ 2010; BMWi 2014; eigene Berechnung

**Schaubild 72: Energieverbrauch des MIV 2013 (kWh/P/a)**



Quellen: FDZ 2016; BMWi 2014; eigene Berechnung

Schaubild 73: Vergleich des Energieverbrauchs des MIV 2008 und 2013 (kWh/P/a)

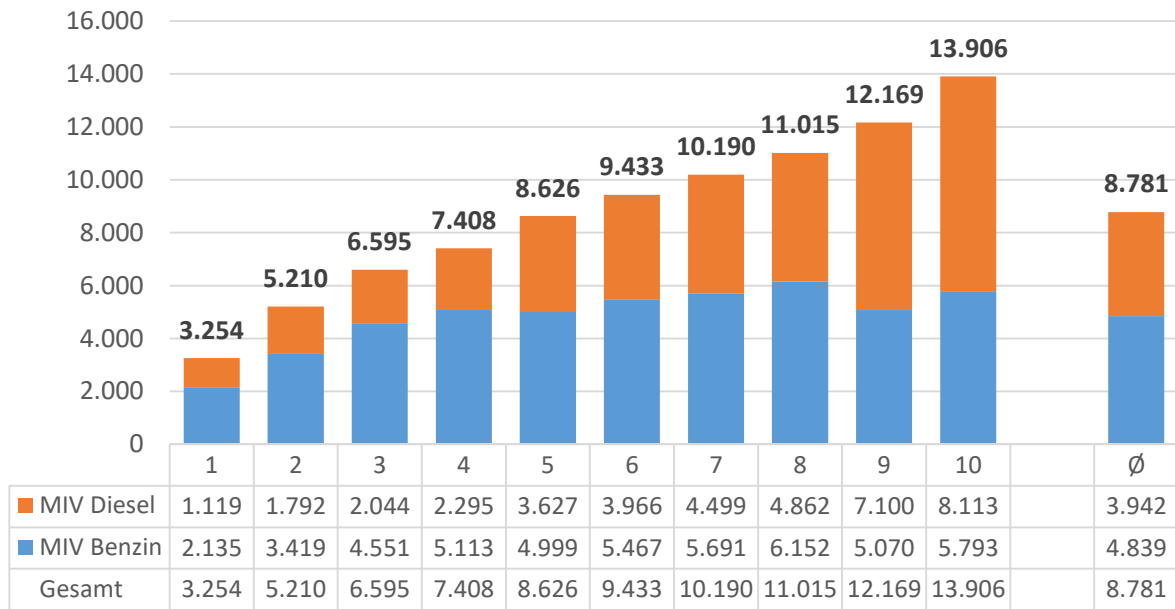


Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMWi 2014; eigene Berechnung

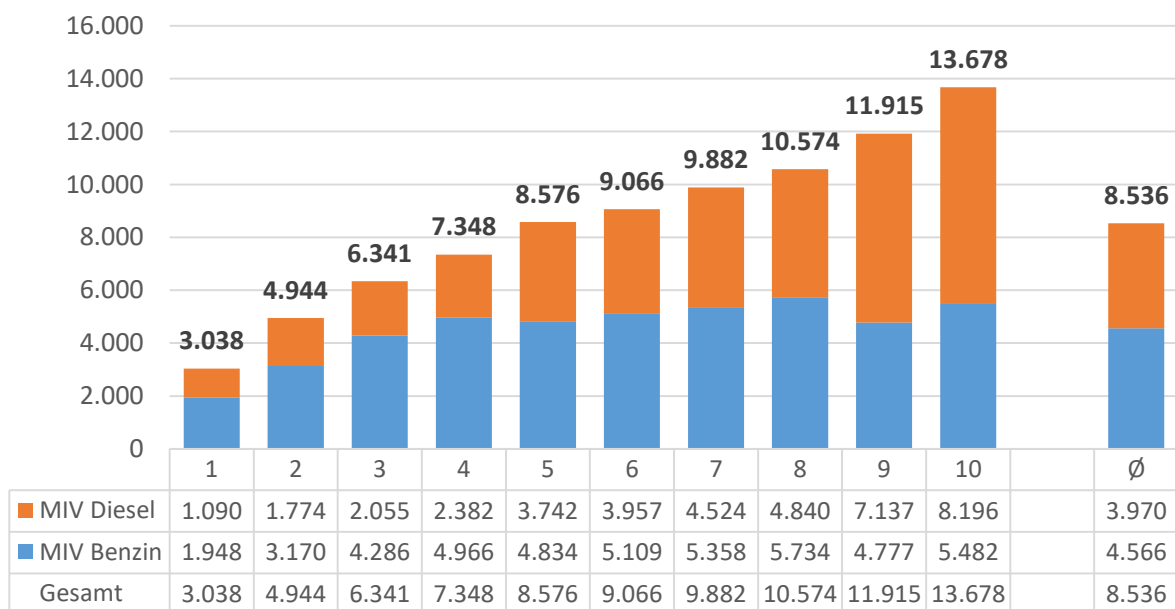
### 9.5.2.2 Fahrleistungen des MIV

Die mittels des Umrechnungsfaktors (siehe Tab. 66) berechneten Fahrleistungen durch Kraftstoffe sind für 2008 in Schaubild 74 und für 2013 in Schaubild 75 dargestellt. Durch den höheren Umrechnungsfaktor von Diesel im Vergleich zu Benzin, verschieben sich im Vergleich zu den Energieverbrauchs- auswertungen die Verhältnisse in der Personenkilometer-Betrachtung etwas zu Gunsten des Diesels in kWh. Da der Diesel-Anteil im neunten und zehnten Dezil zudem am höchsten ist, vergrößert sich auch der Abstand dieser Dezile zu den restlichen Dezilen ein wenig: Im Jahr 2008 lag die Fahrleistung im zehnten Dezil mit 13.906 Pkm nun beim 4,3-fachen des ersten Dezils (3.254 Pkm). Im Jahr 2013 legte das zehnte Dezil durchschnittlich 13.678 Pkm zurück, und damit etwas weniger als im Jahr 2008 (-2%, 229 Pkm). Das erste Dezil legte im Jahr 2013 3.038 Pkm zurück, und damit rund 7% (-216 Pkm) weniger als im Jahr 2008. Das zehnte Dezil legte im Jahr 2013 damit 4,5-mal so viele Personenkilometer mittels Kraftstoffe zurück. Durchschnittlich ging die Fahrleistung von 8.781 Pkm im Jahr 2008 auf 8.536 Pkm im Jahr 2013 um 3% (-245 Pkm) zurück.<sup>102</sup>

<sup>102</sup> Berücksichtigt werden muss bei diesem Vergleich von 2008 und 2013 allerdings, dass für die Jahre 2008 und 2013 zur Sicherstellung der Kompatibilität der Ergebnisse mit den Emissionsfaktoren identische Fahrzeugverbräuche unterstellt wurden. Jahresspezifische Daten zur Entwicklung des durchschnittlichen Fahrzeugverbrauch aus „Verkehr in Zahlen“ (DIW Berlin 2016: 308) zeigen allerdings, dass diese sich auch nicht groß verändert haben. Demnach ging der durchschnittliche Verbrauch von MIV Benzin von 2008 bis 2013 um 4% (0,3 Liter/100 Fzkm) zurück, während der Durchschnittsverbrauch von MIV Diesel sogar leicht anstieg (+1%; 0,04 Liter/100 Fzkm).

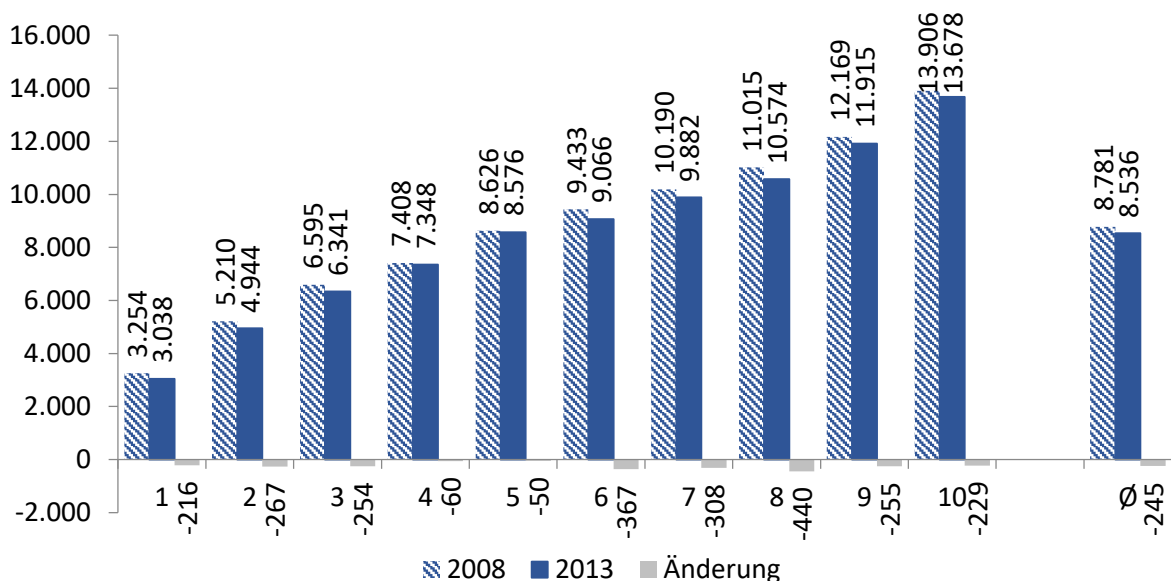
**Schaubild 74: Fahrleistungen des MIV 2008 (Pkm/P/a)**

Quellen: FDZ 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

**Schaubild 75: Fahrleistungen des MIV 2013 (Pkm/P/a)**

Quellen: FDZ 2016; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

Schaubild 76: Vergleich der Fahrleistungen des MIV 2008 und 2013 (Pkm/P/a)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

### 9.5.3 Ergebnisse der MiD2008

#### 9.5.3.1 Wege

##### 9.5.3.1.1 Methodik

Bei den zurückgelegten Strecken wird bei der MiD2008 zwischen „Wegen“ und „Reisen“ differenziert. Reisen unterscheiden sich dabei von den sonstigen Wegen durch das Merkmal einer auswärtigen Übernachtung (infas und DLR 2010b: 17). Im Folgenden werden zunächst die Wege und dann die Reisen analysiert und schließlich beide zusammengefügt.

Zur Berechnung der zurückgelegten Wegstrecke wurden die Public-Use-Files (PUF) „Personen“ und „Wege“ mittels der Schlüsselvariablen „Haushalts-ID“ (hhid) und „Personen-ID“ (pid) miteinander kombiniert. In die Auswertung gingen nur solche Fälle ein, für die gültige Angaben aus den Wegeprotokollen und den Nettoäquivalenzeinkommensklassen vorlagen. Von den im PUF „Personen“ enthaltenen 60.713 Personen trifft dies auf 49.090 Personen zu. Das entspricht einer Quote von 80,9%. Durch die Verwendung der Gewichtungvariable „Gewichtungsfaktor Personen“ (p\_gew) sind die Ergebnisse repräsentativ für Deutschland.

Tab. 68: Eingeschlossene Fälle Wegedatensatz

Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Gesamtsumme	
Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
49.090	80,9%	11.623	19,1%	60.713	100,0%

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Als Weg zählt bei der MiD2008 jede Fortbewegung einer Person von einem Ort zu einem anderen Ort – zu Fuß oder mit einem Verkehrsmittel. Zu jedem Weg werden alle dafür verwendeten Verkehrsmittel erhoben. Allerdings wurde nicht erhoben, welchen Anteil jedes Verkehrsmittel an der Gesamtstrecke und der Gesamtzeit hatte. Um trotzdem verkehrsmittelspezifische Auswertungen vornehmen zu können, wird für jeden Weg ein „Hauptverkehrsmittel“ festgelegt. Wurde nur ein Verkehrsmittel benutzt, so stellt dieses das Hauptverkehrsmittel dar. Werden mehrere Verkehrsmittel genutzt, so „wird das Verkehrsmittel zum Hauptverkehrsmittel erklärt, mit dem aller Wahrscheinlichkeit nach die längste Teilstrecke des Weges zurückgelegt wurde“ (infas und DLR 2010b: 18). Dafür wird die in Tab. 69 dargestellte Hierarchie der Verkehrsmittel verwendet. Dabei ist noch darauf hinzuweisen, dass bei den regelmäßigen beruflichen Wegen nicht erfasst wurde, ob der Weg als Fahrer oder Beifahrer zurückgelegt wurde. Entsprechend der Vorgehensweise bei der MiD2008 wird für diese Wegstrecken in der vorliegenden Auswertung angenommen, dass sie als Fahrer zurückgelegt wurden.

**Tab. 69: Hierarchie der Verkehrsmittel zur Bestimmung des Hauptverkehrsmittels der Wege**

<b>Hauptverkehrsmittel</b>		
<i>Rang</i>	<i>Verkehrsmittel</i>	<i>Oberklassen der Variable Hauptverkehrsmittel</i>
<b>1</b>	Flugzeug	ÖPFV
<b>2</b>	Reisebus	ÖPFV
<b>3</b>	Fernzug	ÖPFV
<b>4</b>	Schiff, Fähre	ÖPFV
<b>5</b>	Lkw als Fahrer	MIV-Fahrer
<b>6</b>	Lkw als Mitfahrer	MIV-Mitfahrer
<b>7</b>	S-Bahn, Nahverkehrszug	ÖPNV
<b>8</b>	U-Bahn, Straßenbahn	ÖPNV
<b>9</b>	Linienbus, Stadtbus	ÖPNV
<b>10</b>	Taxi	ÖPNV
<b>11</b>	MIV als Fahrer	MIV-Fahrer
<b>12</b>	MIV als Mitfahrer	MIV-Mitfahrer
<b>13</b>	Motorrad als Fahrer	MIV-Fahrer
<b>14</b>	Motorrad als Mitfahrer	MIV-Mitfahrer
<b>15</b>	Moped, Mofa	MIV-Fahrer
<b>16</b>	Fahrrad	Fahrrad
<b>17</b>	zu Fuß	Zu Fuß
<b>18</b>	anderes Verkehrsmittel	ÖPNV

*Quelle: BMVBS 2010; eigene Darstellung*

Zudem wird auch der Wegezweck erfasst. Bei den Wegezwecken konnte aus über 40 Detailzwecken ausgewählt werden. Beruhend auf diesen Angaben wurde ein „Hauptwegezweck“ für jeden Weg festgelegt. Es wird zwischen sieben unterschiedlichen Hauptwegezwecken unterschieden:

- Arbeit (Weg zur Arbeitsstätte)
- Dienstlich (dienstliche Wege während der Arbeitszeit)
- Ausbildung (zum Beispiel Weg zur Ausbildungsstätte (Schule, Universität, ...))
- Einkauf (private Wege zu Einkaufsstätten)
- Erledigung (zum Beispiel Weg zum Arzt oder zur Behörde)
- Freizeit (zum Beispiel Weg zum Kino/Zoo/...)
- Begleitung (zum Beispiel Begleitung eines Kindes auf dem Schulweg)
- Keine Angabe

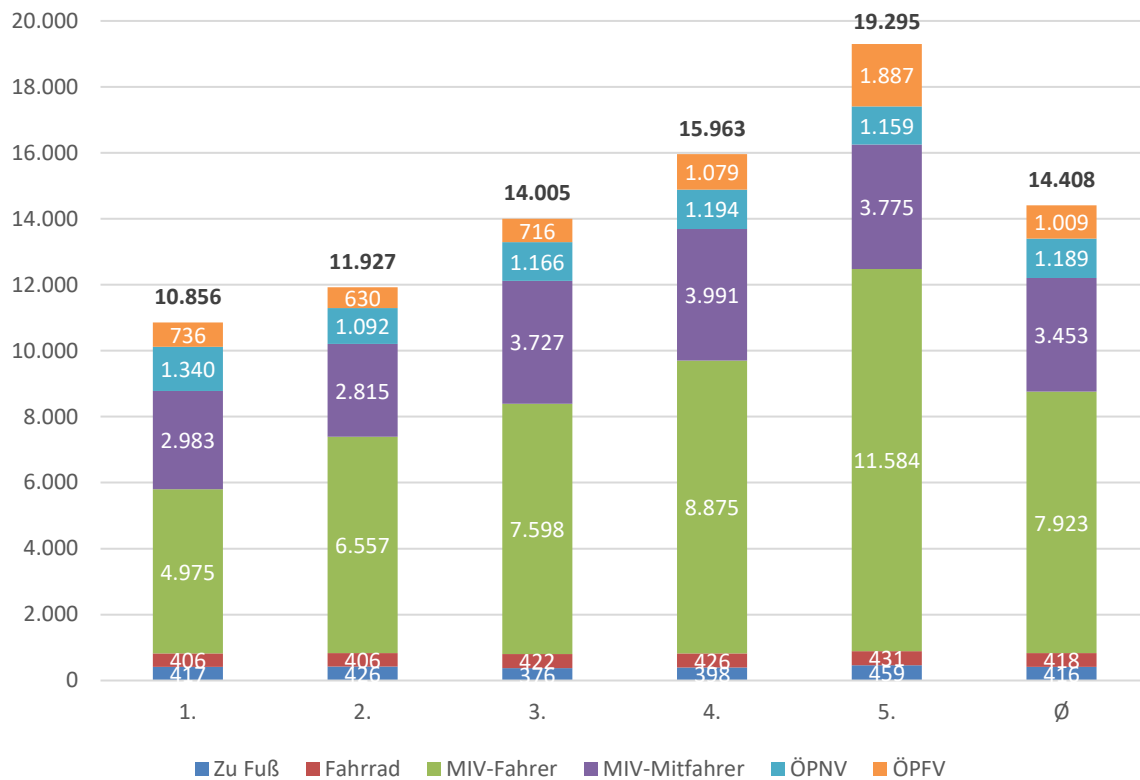
Die Ergebnisse sind jeweils dargestellt in Personenkilometern pro Person und Jahr (Pkm/P/a). Dazu wurden die aus den Datensätzen der MiD2008 errechneten Wegstrecken, die sich auf einen Tag beziehen, mit der durchschnittlichen Anzahl der Tage eines Jahres (365,25) multipliziert.

#### 9.5.3.1.2 Ergebnisse

In Schaubild 77 sind die Ergebnisse der Wegeauswertungen aufgeteilt nach dem Hauptverkehrsmittel für alle Hauptwegezwecke dargestellt. Dabei werden hier der Übersichtlichkeit halber nur die Ergebnisse auf der Ebene der zu sechs Hauptverkehrsmitteln zusammengefassten Kategorien (siehe Tab. 69) dargestellt. Die vollständig differenzierte Aufteilung ist im Anhang in Schaubild 145 dargestellt. Anders als bei den bisher dargestellten Ergebnissen der EVS, können die Ergebnisse der MiD2008 aufgrund der ungenaueren Einkommenserfassung nur nach Nettoäquivalenzeinkommensquintilen aufgeteilt werden (siehe Kapitel 6.3.3).

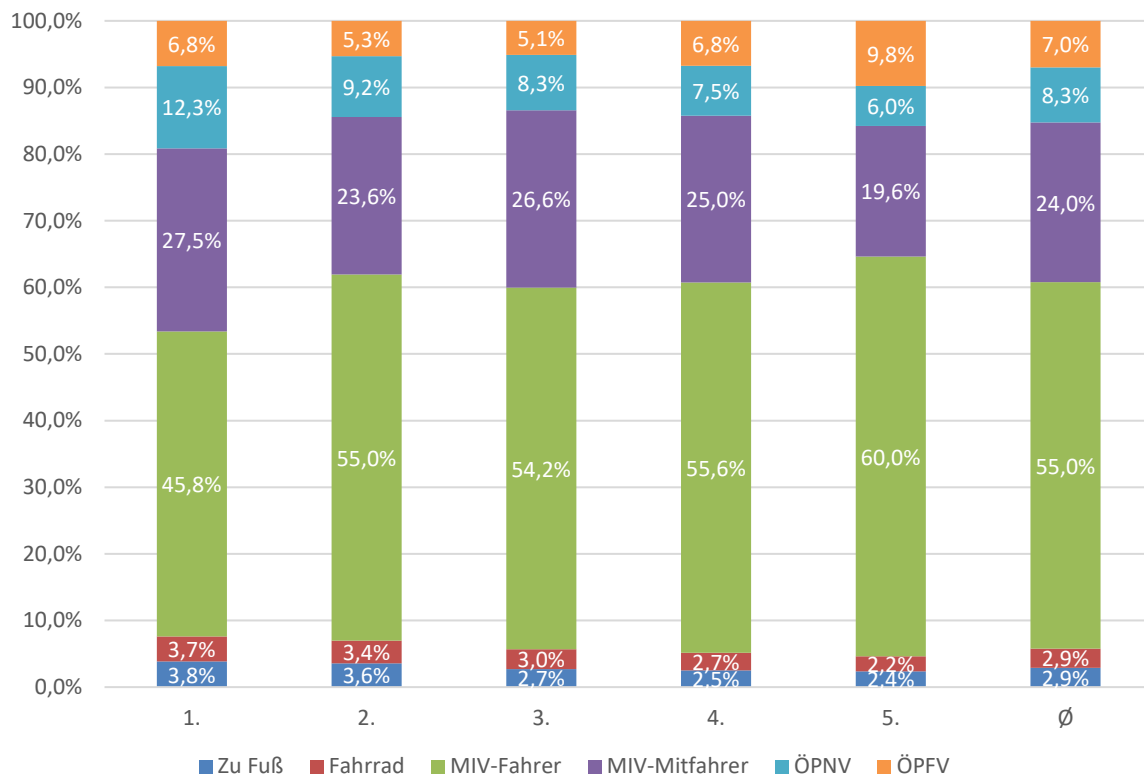
Über die Quintile hinweg zeigt sich bei den zurückgelegten Personenkilometern bei Berücksichtigung aller Hauptwegezwecke (inkl. der dienstlichen) ein monoton steigender Verlauf, von 10.856 Pkm/P/a im ersten Quintil bis auf 19.285 Pkm/P/a im fünften Quintil. Das Verhältnis von fünftem zu erstem Quintil liegt damit bei 1,8.



**Schaubild 77: Wege nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptwegezwecke (Pkm/P/a)**

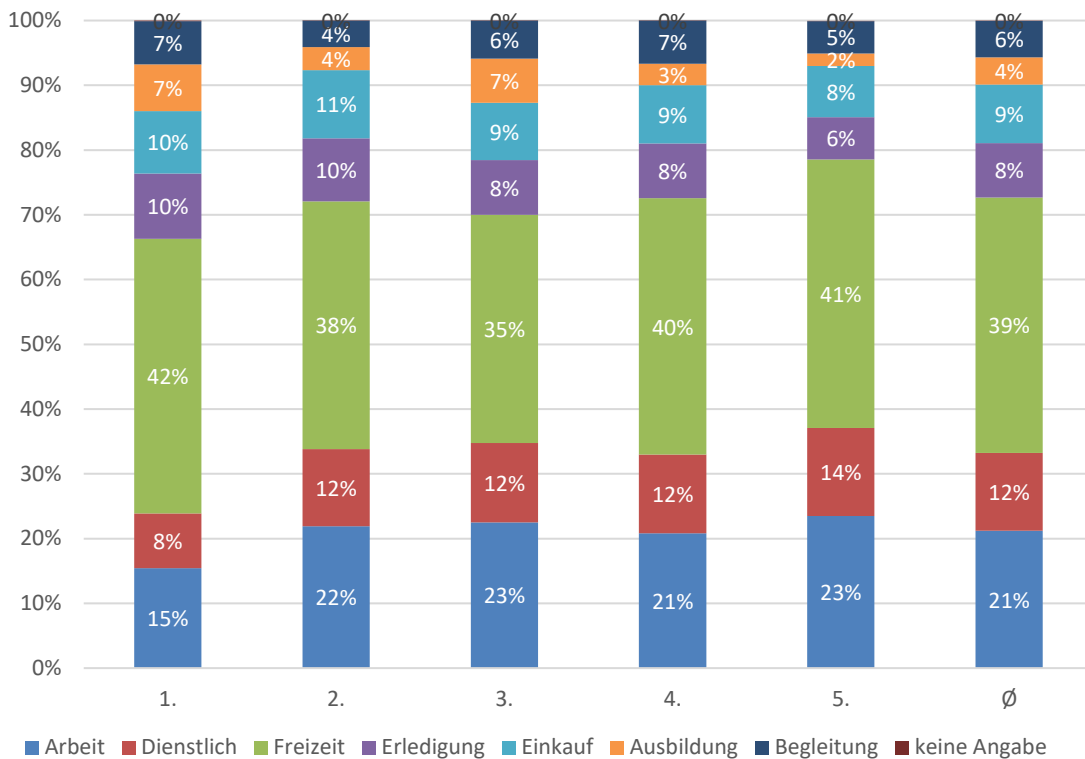
Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Der mit Abstand größte Anteil der Wege wird mit dem MIV mit im Durchschnitt 79% zurückgelegt, wobei sich dies aufteilt in 55% als Fahrer und 24% als Mitfahrer. Es folgt der ÖPNV mit einem Anteil von 8%, gefolgt vom ÖPFV mit 7%, und zu Fuß und mit dem Fahrrad mit jeweils 3%. Dabei ist festzustellen, dass im ersten Quintil zum einen der Anteil des MIV mit 73% um 6 Prozentpunkte niedriger liegt als im fünften Quintil, und zum anderen bei diesem ein deutlich größerer Anteil als Mitfahrer zurückgelegt wird: Während der Anteil von MIV-Mitfahrer beim fünften Quintil nur knapp 20% beträgt, liegt er im ersten Quintil bei knapp 28%. Zudem wird im ersten Quintil mit 12% ein im Vergleich zum fünften Quintil doppelt so großer Prozentsatz der Wege mit dem ÖPNV zurückgelegt.

**Schaubild 78: Modal Split Wege– alle Hauptwegezwecke (% an Gesamtstrecke)**

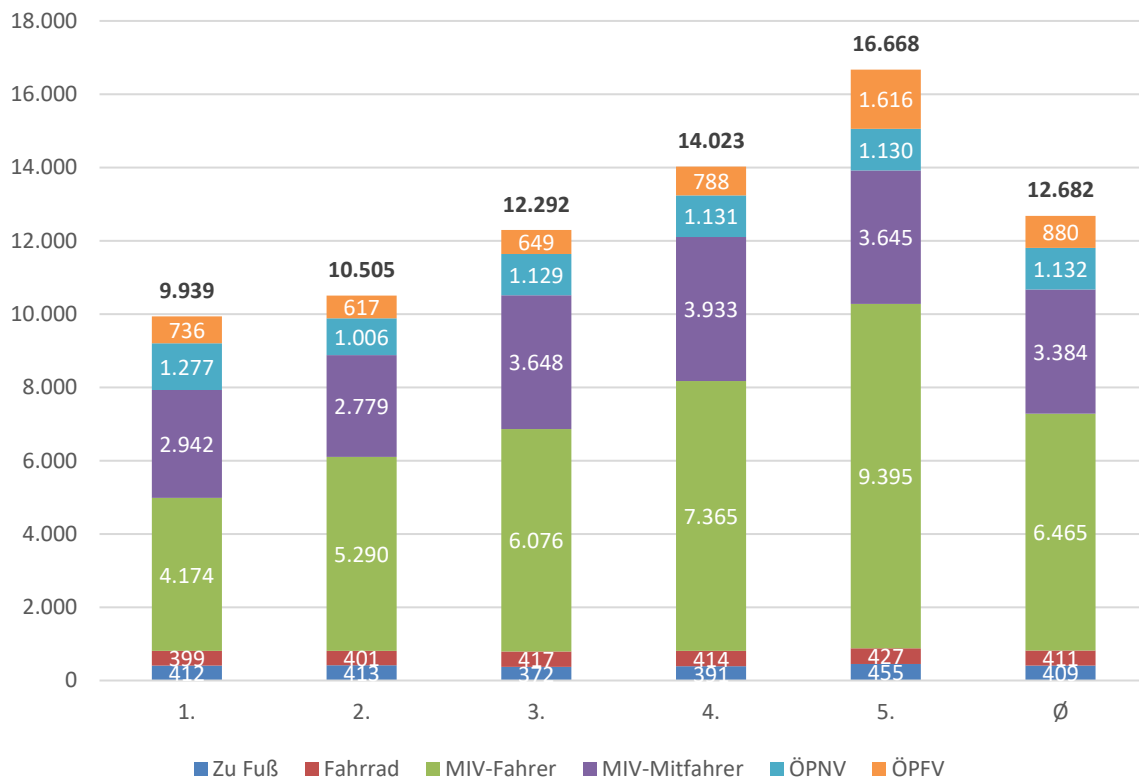
Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Für die hier vorgenommenen Auswertungen sollen dienstliche Wege nicht in die weiteren Berechnungen miteinbezogen werden, da sie nur bedingt der Kontrolle der privaten Haushalte unterliegen und in der EVS ebenfalls nicht enthalten sind. Von den bislang dargestellten Ergebnissen, die alle Hauptwegezwecke enthalten, werden also die Wege mit Hauptwegezweck „Dienstlich“ abgezogen. In Schaubild 79 sind die Wege aufgeteilt nach dem Hauptwegezweck dargestellt. Wie dort zu sehen ist, steigt deren Anteil von 8% im ersten Quintil auf 14% im fünften Quintil an und beträgt durchschnittlich 12%.

**Schaubild 79: Wege nach Hauptwegezweck – alle Hauptverkehrsmittel (% an Gesamtstrecke)**

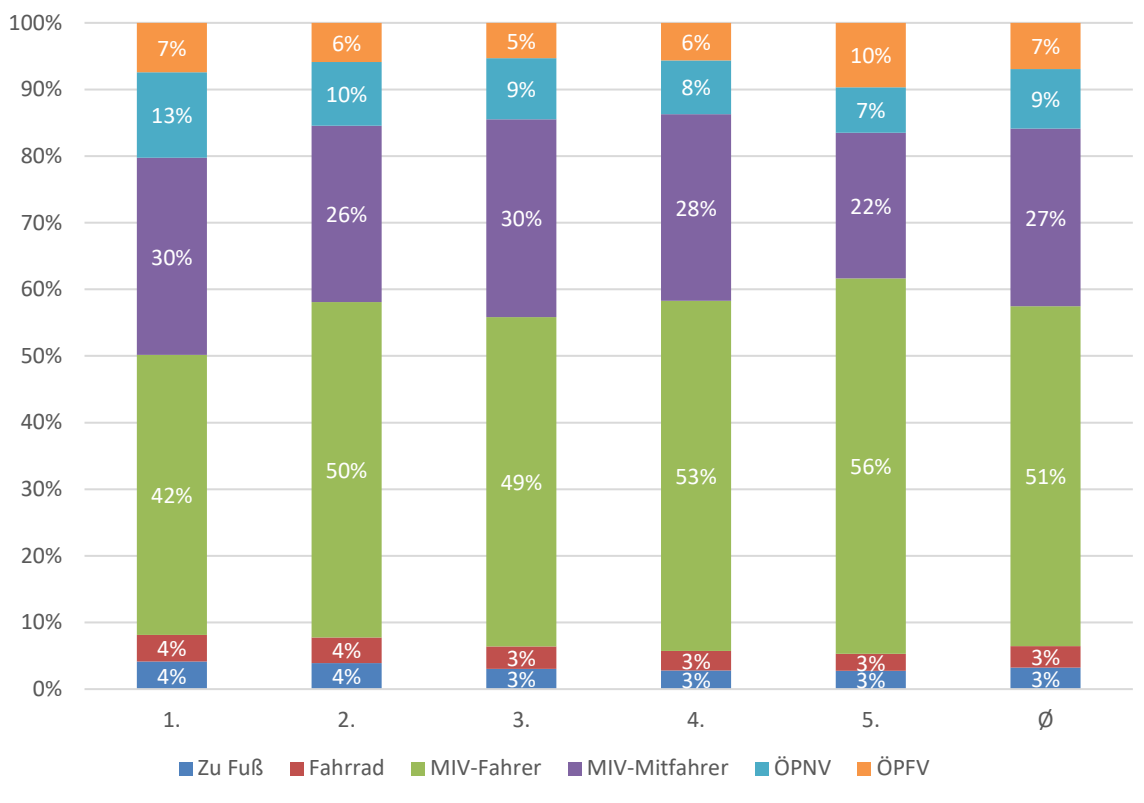
Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Durch den Abzug der dienstlichen Wege reduziert sich die Fahrleistung auf durchschnittlich insgesamt 12.682 Pkm/P/a (siehe Schaubild 80). Da der Anteil der dienstlichen Wege im fünften Quintil mit 14% deutlich größer ist als im ersten Dezil mit 8%, liegt das Verhältnis von fünftem zu erstem Quintil nun nur noch bei 1,7 statt zuvor 1,8. Es bleibt aber der über die Quintile hinweg monoton steigende Verlauf bestehen, nun von 9.939 Pkm/P/a im ersten Quintil bis auf 16.668 Pkm/P/a im fünften Quintil.

**Schaubild 80: Wege nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptwegezwecke außer dienstlich (Pkm/P/a)**

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Der mit Abstand größte Anteil der Wege wird mit 78% mit dem MIV zurückgelegt, wobei sich dies aufteilt in 51% als Fahrer und 27% als Mitfahrer (siehe Schaubild 81). Es folgt der ÖPNV mit einem Anteil von 9%, gefolgt vom ÖPFV mit 7% und zu Fuß und mit dem Fahrrad mit jeweils 3%. Dabei ist festzustellen, dass im ersten Quintil zum einen der Anteil des MIV mit 72% um 6 Prozentpunkte niedriger liegt als im fünften Quintil, und zum anderen bei diesem ein deutlich größerer Anteil als Mitfahrer zurückgelegt wird: Während der Anteil von MIV-Mitfahrer beim fünften Quintil nur 22% beträgt, liegt er im ersten Quintil bei 30%. Zudem wird im ersten Quintil mit 13% ein im Vergleich zum fünften Quintil (7%) fast doppelt so großer Prozentsatz der Wege mit dem ÖPNV zurückgelegt.

**Schaubild 81: Modal Split Wege – alle Hauptwegezwecke außer dienstlich (% an Gesamtstrecke)**

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

### 9.5.3.2 Reisen

#### 9.5.3.2.1 Methodik

Von einem Weg unterscheidet sich eine Reise durch eine auswärtige Übernachtung. Zur Berechnung der zurückgelegten Wegstrecke wurden die PUF „Personen“ und „Reisen“ mittels der Schlüsselvariablen „Haushalts-ID“ (hhid) und „Personen-ID“ (pid) miteinander kombiniert.

Abgefragt wurde in der Befragung MiD2008 die Anzahl der in den letzten drei Monaten unternommenen Reisen. Für maximal drei Reisen wurden ausführliche Informationen erhoben. Diese Angaben sind im PUF „Reisen“ enthalten. Für Personen, die in den letzten drei Monaten mehr als drei Reisen unternommen haben, wird bei den hier vorgenommenen Berechnungen angenommen, dass die weiteren Reisen den angegebenen Reisen in ihrer Ausprägung gleichen. Das heißt, sollten mehr als drei Reisen unternommen worden sein, werden die überzähligen Reisen mittels eines simplen Multiplikators hinzugeschätzt. Der Multiplikator wird mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Multiplikator Reisen} = \text{Anzahl der unternommenen Reisen} \div \text{Anzahl der angegebenen Reisen}$$

In den Fällen, in denen die Anzahl der unternommenen Reisen kleiner oder gleich 3 ist, entspricht der Multiplikator dem Wert 1, für Werte über 3 liegt er über 1 (zum Beispiel bei einer Zahl von 6 unternommenen Reisen bei 2, bei 9 bei 3, usw.).

In die Auswertung gingen nur solche Fälle ein, für die gültige Angaben aus den Reiseangaben und den Einkommensklassen vorlagen. Von den im PUF „Personen“ enthaltenen 60.713 Personen trifft dies auf 35.407 Personen zu. Das entspricht einer Quote von 58,3%.

**Tab. 70: Eingeschlossene Fälle Reisedatensatz**

Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Gesamtsumme	
Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
35.407	58,3%	25308	41,7%	60.713	100,0%

*Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung*

Bezüglich der Repräsentativität der Ergebnisse muss die Einschränkung gemacht werden, dass bei den Reisen nur Personen über 14 Jahre befragt wurden. Die Ergebnisse sind also nur für die Bevölkerung über 14 Jahre repräsentativ. Außerdem ergibt sich durch den Ausschluss der vielen Fälle eine Ungenauigkeit beim Einsatz der Gewichtungvariable „Gewichtungsfaktor Personen“ ( $p_{\text{gew}}$ ), da eben nur noch knapp 60% der Fälle enthalten sind. Im Rahmen dieser Arbeit war jedoch die Berechnung eines angepassten Gewichtungsfaktors nicht möglich.

Bei den verwendeten Verkehrsmitteln wird zwischen den in Tab. 71 aufgeführten Verkehrsmitteln unterschieden. Wie bei den Wegen wurden bei jeder Reise zwar alle dafür verwendeten Verkehrsmittel erhoben, jedoch nicht, welchen Anteil jedes Verkehrsmittel an der Gesamtstrecke hatte. Um trotzdem verkehrsmittelspezifische Auswertungen vornehmen zu können, wird deswegen für jede Reise ein „Hauptverkehrsmittel“ festgelegt. Dieses wird entsprechend der in Tab. 71 dargestellten Hierarchisierung vorgenommen.

**Tab. 71: Hierarchie der Verkehrsmittel zur Bestimmung des Hauptverkehrsmittels der Reisen**

Hauptverkehrsmittel		
Rang	Verkehrsmittel	Kategorie der Variable Hauptverkehrsmittel
1	Flugzeug	ÖPFV
2	Reisebus	ÖPFV
3	Bahn	ÖPFV
4	Schiff, Fähre	ÖPFV
5	Auto	MIV
6	Fahrrad	Fahrrad
7	anderes Verkehrsmittel	Andere

*Quelle: BMVBS 2010; eigene Darstellung*

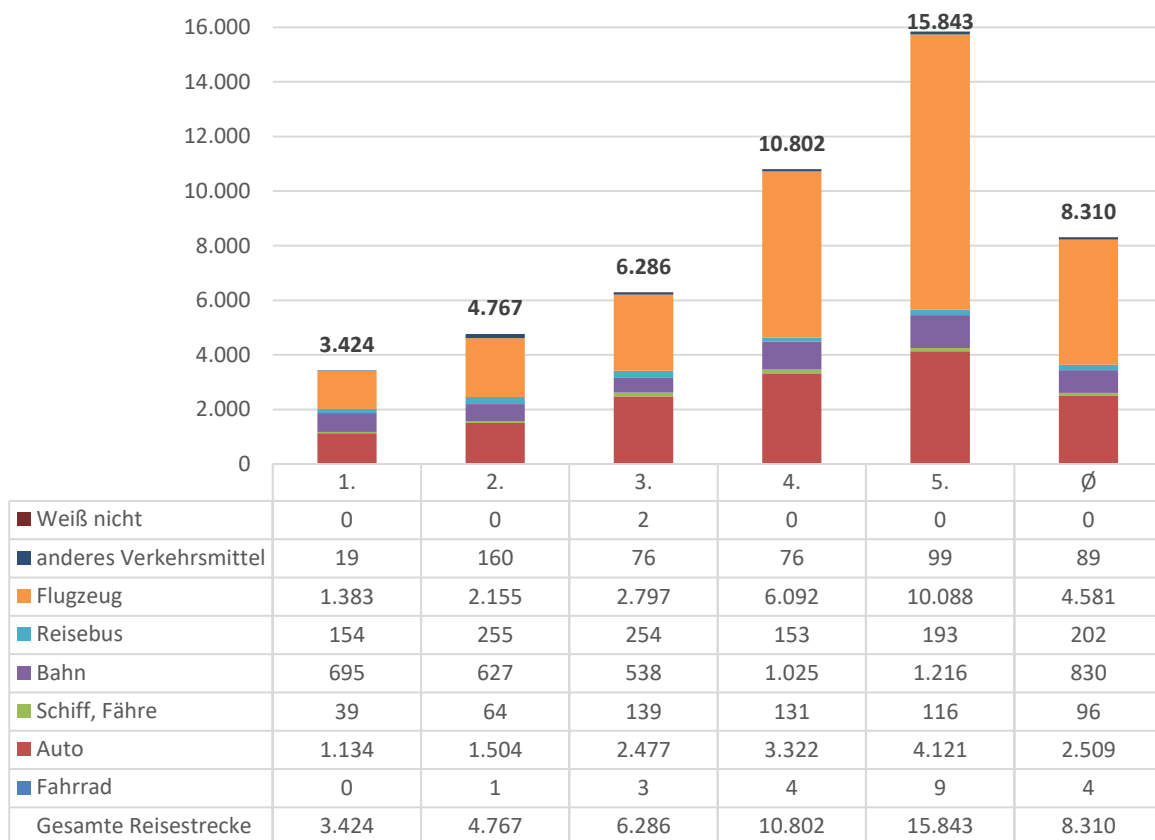
Bezüglich des hauptsächlichen Zwecks der Reise wird zwischen folgenden Möglichkeiten unterschieden:

- Ausflug, Urlaub, Kurzreise zu touristischen Zielen
- Besuche von Freunden oder Bekannten
- andere Privatreise
- Dienst- oder Geschäftsreise
- Fahrt als Berufspendler | Wochenendpendler
- anderer Zweck
- keine Angabe

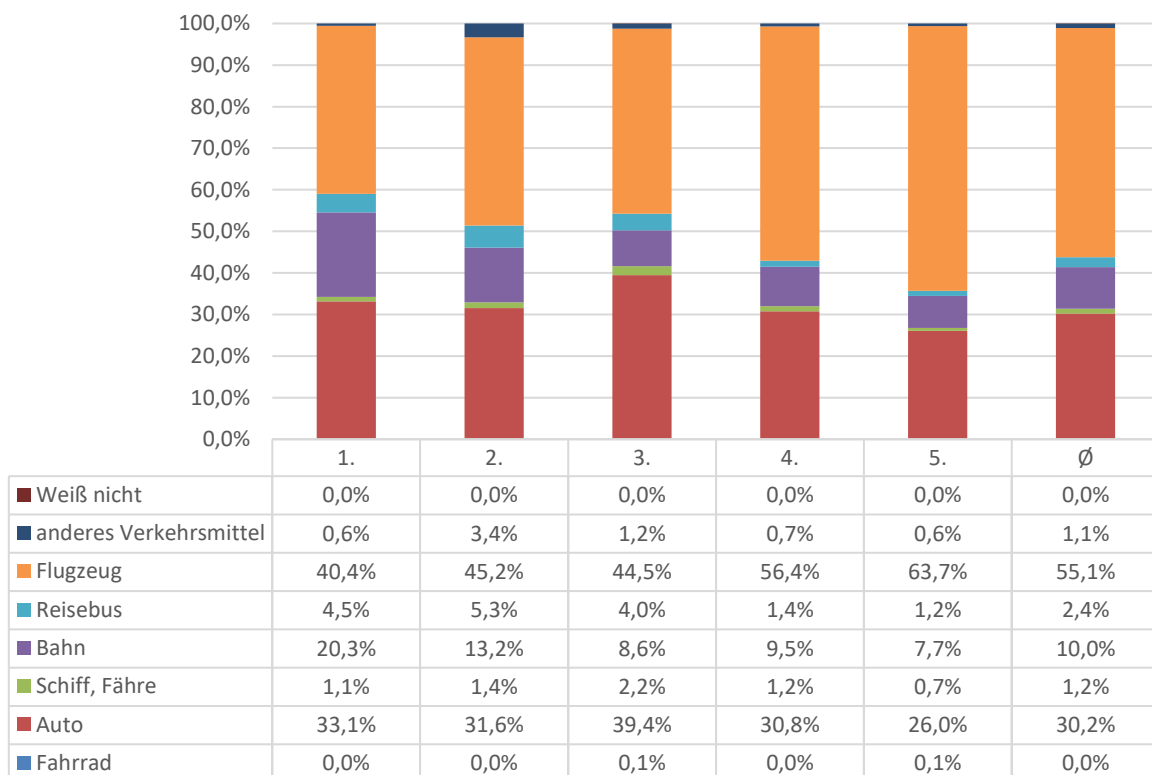
Die Ergebnisse sind jeweils dargestellt in Personenkilometern pro Person und Jahr (Pkm/P/a). Dazu wurden die aus den Datensätzen der MiD2008 errechneten Wegstrecken, die einen Zeitraum von drei Monaten abdecken, mit 4 multipliziert. Außerdem wird jeweils nur die einfache Entfernung angegeben, weswegen eine weitere Multiplikation mit dem Faktor 2 erfolgt.

#### 9.5.3.2.2 Ergebnisse

In Schaubild 82 sind die für alle Reisezwecke (inkl. Dienst-/Geschäftsreise) zurückgelegten Strecken aufgeteilt auf die genutzten Hauptverkehrsmittel dargestellt. Bezüglich der gesamten Reisekilometer zeigt sich über die Quintile eine deutliche monotone Steigerung, wobei insbesondere vom dritten auf das vierte und vom vierten auf das fünfte Quintil große Sprünge beobachtet werden können. Vergleicht man das erste Quintil (3.424 Pkm/P/a) mit dem fünften Quintil (15.843 Pkm/P/a), so zeigt sich, dass im fünften Quintil durchschnittlich 4,6-mal so viele Kilometer zurückgelegt werden. Der größte Teil der Reisekilometer wird dabei über alle Quintile hinweg mit dem Flugzeug zurückgelegt, wobei dessen Anteil mit 64% im fünften Quintil deutlich höher liegt als im ersten Quintil, in dem der Anteil bei 40% liegt (siehe Schaubild 83). Auf dem zweiten Platz folgt das Auto mit durchschnittlich 30%. Das Verkehrsmittel Bahn wird durchschnittlich für 20% der Reisekilometer genutzt, wobei der Anteil im ersten Quintil mit 20% deutlich höher liegt als im fünften Quintil (8%).

**Schaubild 82: Reisen nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptreisezwecke (Pkm/P/a)**

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

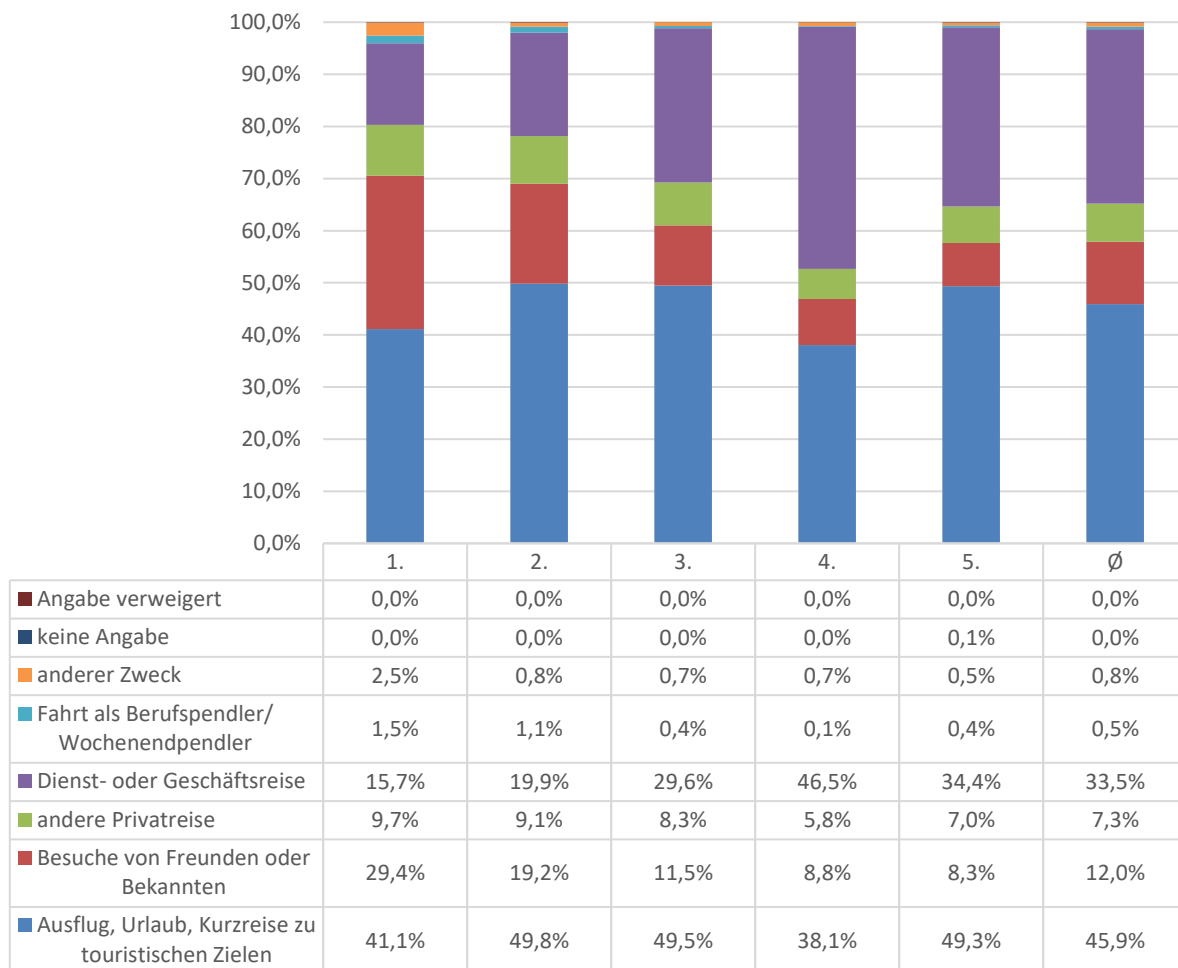
**Schaubild 83: Modal Split Reisen – alle Hauptreisezwecke (% an Gesamtreisestrecke)**

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung



Wie schon bei den Wegen, werden auch bei den Reisen die Reisen mit dem Hauptreisezweck „Dienst-/Geschäftsreise“ ausgeschlossen. Schaubild 84 ist zu entnehmen, dass der Anteil der Dienst- und Geschäftsreisen über die Quintile deutlich schwankt. Durchschnittlich liegt er bei 34%, wobei der minimale Wert von 16% im ersten Quintil und der maximale Wert von 47% im vierten Quintil vorliegen.

**Schaubild 84: Reisen nach Hauptreisezwecken– alle Hauptverkehrsmittel (% an Gesamtreisestrecke)**

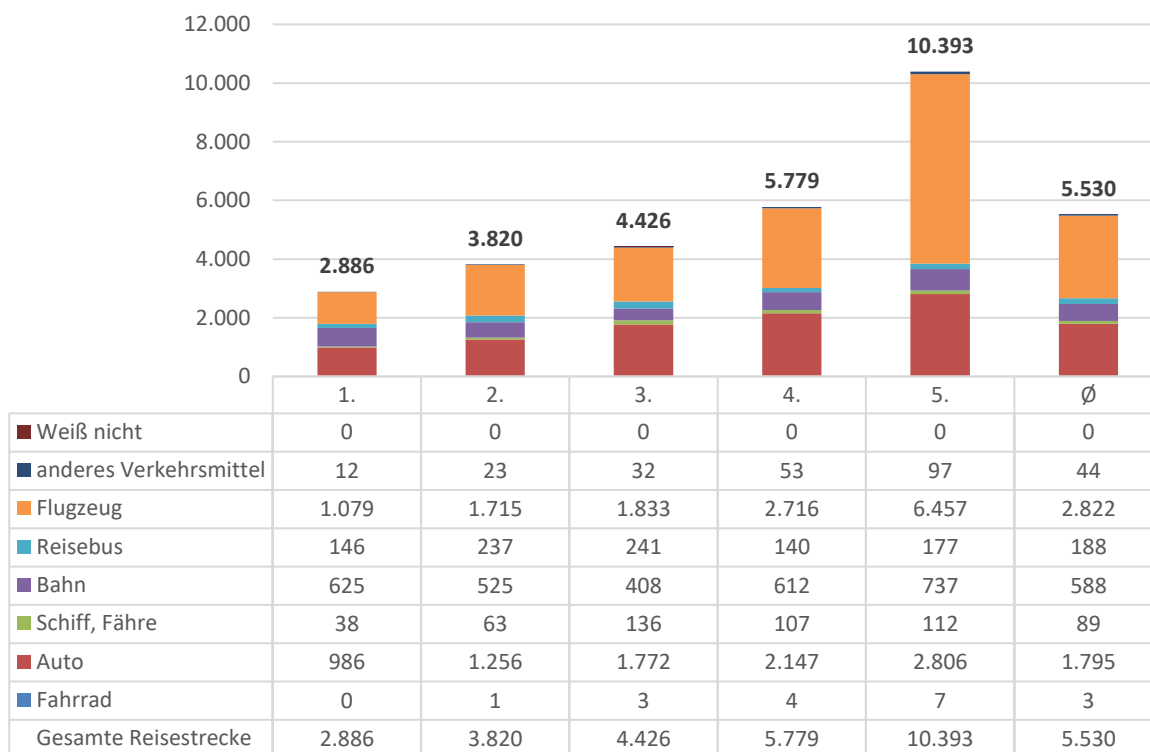


Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Durch den Ausschluss der Geschäftsreisen vermindern sich die Reisekilometer deutlich. Durchschnittlich betragen sie nun noch 5.530 Pkm/P/a (siehe Schaubild 85). Der Rückgang ist im vierten Quintil besonders groß. Hier werden nun ohne die Geschäftsreisen „nur“ noch 5.779 Pkm/P/a zurückgelegt. Dadurch wird der zuvor (mit Geschäftsreisen) bestehende Sprung zwischen drittem und viertem Quintil deutlich kleiner, während sich der Sprung zwischen viertem und fünftem Quintil sogar noch vergrößert. Insgesamt bleibt der monoton steigende Verlauf über die Quintile bestehen, nun von 2.886 Pkm/P/a im ersten Quintil auf 10.393 Pkm/P/a im fünften Quintil. Den größten Anteil an den dafür genutzten Verkehrsmitteln macht weiterhin das Flugzeug aus: Mit durchschnittlich 51% hat sich dessen Anteil jedoch im Vergleich zu zuvor (mit Geschäftsreisen) um 4 Prozentpunkte vermindert (siehe

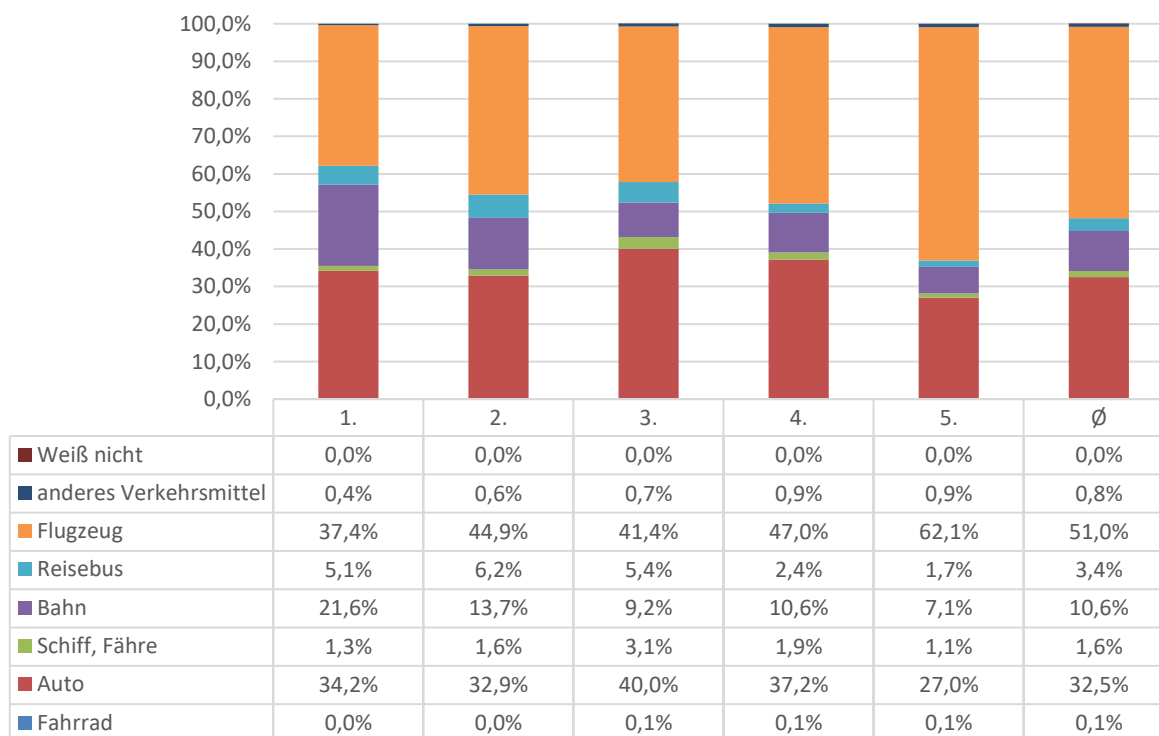
Schaubild 86). Es folgt das Auto, das mit 33% nun einen etwas höheren Anteil ausmacht. Der Anteil der Bahn steigt ebenfalls leicht auf 11% an.

**Schaubild 85: Reisen nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptreisezwecke außer Dienst-/Geschäftsreise (Pkm/P/a)**



Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

**Schaubild 86: Modal Split Reisen – alle Hauptreisezwecke außer Dienst-/Geschäftsreise (% an Gesamtstrecke)**



Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

### 9.5.3.3 Gesamt (Wege+Reisen)

#### 9.5.3.3.1 Methodik

Um einen Gesamtüberblick über die Mobilität zu erhalten, werden in diesem Kapitel die Ergebnisse der „Wege“ und „Reisen“ aus der MiD2008 aufaddiert. Dabei sind allerdings verschiedene Dinge einschränkend zu beachten. Die Ergebnisse sind nur eingeschränkt repräsentativ für die gesamte deutsche Bevölkerung, da Reisen nur für Personen über 14 Jahre erhoben wurden. Bei der hier vorgenommenen Aufsummierung wird unterstellt, dass das Reiseverhalten der bis 14-Jährigen dem der über 14-Jährigen gleicht.

Die Hauptverkehrsmittel unterscheiden sich außerdem erheblich zwischen der Wege- und Reiseerhebung. Eine aggregierte Darstellung macht eine Zuordnung der verschiedenen Auswahlmöglichkeiten nötig. Zu diesem Zwecke wurde eine eigene Klassifikation erstellt, die bereits an die Bedürfnisse der weiteren Berechnungsschritte (Emissionsfaktoren) angepasst ist (siehe Tab. 72). Eine differenzierte Darstellung nach Fahrer und Mitfahrer ist deswegen jedoch nicht mehr möglich. Die bei den Reisen enthaltene Hauptverkehrsmittelangabe „Weiß nicht“ wurde zur besseren Übersichtlichkeit und aufgrund der sehr geringen Bedeutung der Angabe „anderes Verkehrsmittel“ zugeordnet.

**Tab. 72: Zuordnungsschlüssel der Hauptverkehrsmittel Wege und Reisen**

Hauptverkehrsmittel		
Wege-Klassifikation	Reisen-Klassifikation	Eigene Klassifikation
Flugzeug	Flugzeug	Flugzeug
Reisebus	Reisebus	Reisebus
Fernzug		Fernzug/ Bahn
	Bahn	
Lkw als Fahrer		MIV (außer PKW)
Lkw als Mitfahrer		MIV (außer PKW)
S-Bahn, Nahverkehrszug		S-Bahn, Nahverkehrszug
U-Bahn, Straßenbahn		U-Bahn, Straßenbahn
Linienbus, Stadtbus		Linienbus, Stadtbus
MIV als Fahrer	Auto	PKW
MIV als Mitfahrer	Auto	PKW
Motorrad als Fahrer		MIV (außer PKW)
Motorrad als Mitfahrer		MIV (außer PKW)
Moped, Mofa		MIV (außer PKW)
Fahrrad	Fahrrad	Fahrrad
zu Fuß		Zu Fuß
Schiff, Fähre	Schiff, Fähre	anderes Verkehrsmittel
Taxi		anderes Verkehrsmittel
anderes Verkehrsmittel	anderes Verkehrsmittel	anderes Verkehrsmittel
Weiß nicht	Weiß nicht	anderes Verkehrsmittel

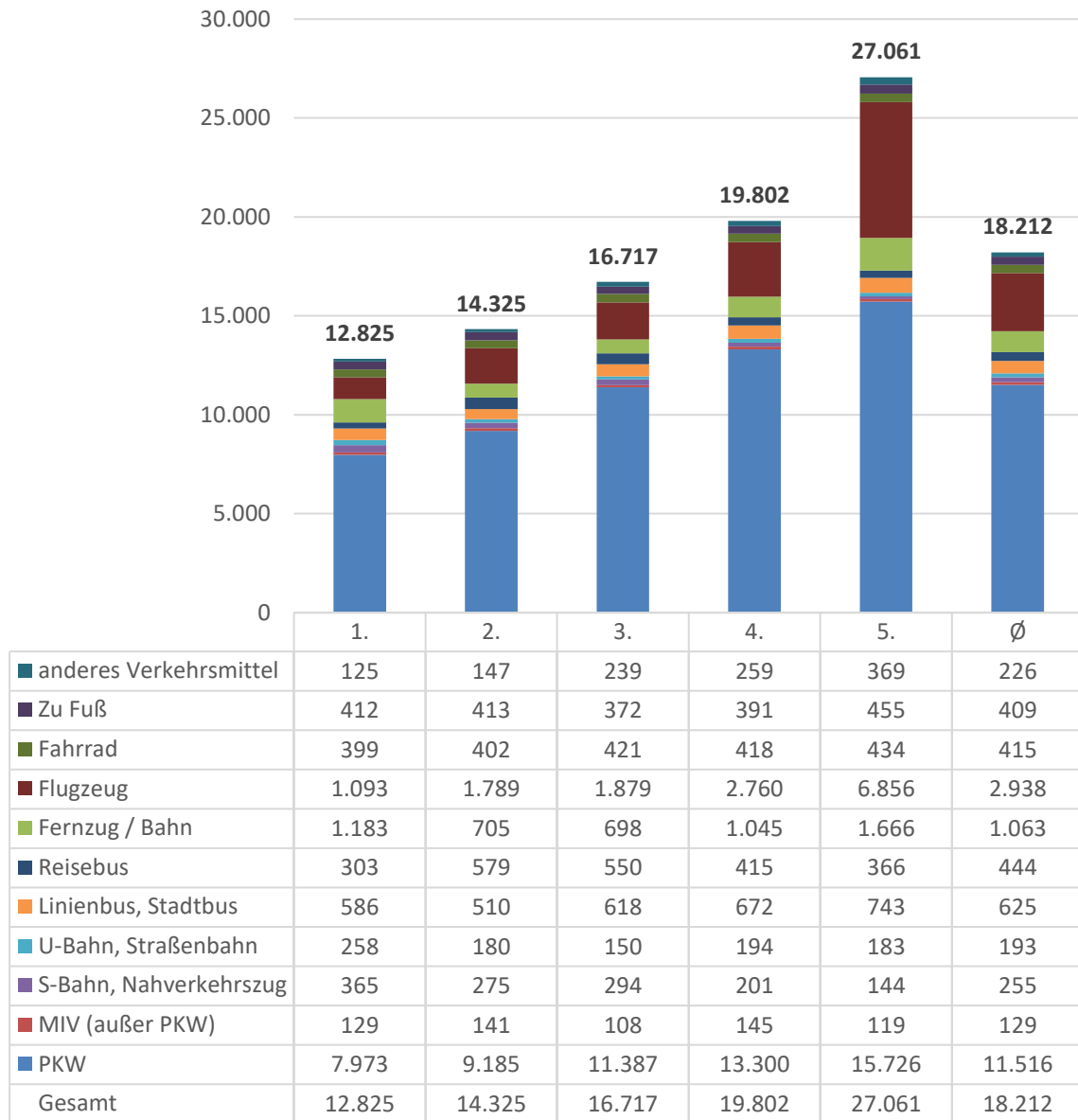
Quelle: BMVBS 2010; eigene Zuordnung

#### 9.5.3.3.2 Ergebnisse

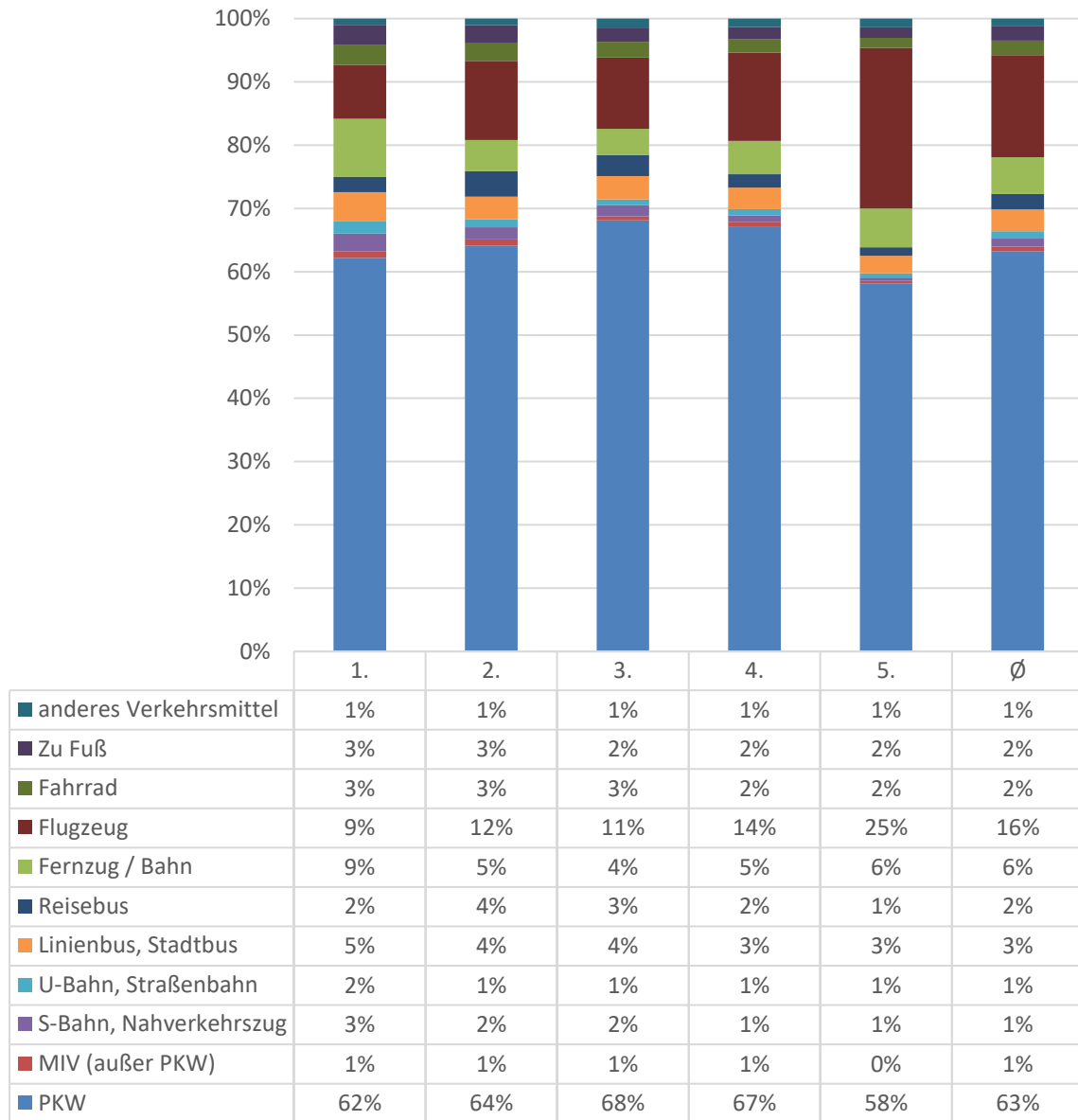
Dargestellt werden in diesem Kapitel allein die zusammengefassten Ergebnisse der Wege und Reisen ohne den Hauptwegezweck „dienstlich“ und ohne den Hauptreisezweck „Dienst-/Geschäftsreise“. Im Anhang sind die Ergebnisse für alle Hauptwegezwecke in Schaubild 147 zu finden.

Wie in Schaubild 87 zu sehen ist, ergeben die Auswertungen der MiD2008, dass im ersten Quintil durchschnittlich 12.825 Pkm/P/a zurückgelegt werden. Dieser Wert steigt streng monoton an bis auf 27.061 Pkm/P/a im fünften Quintil. Damit legt jede Person des fünften Quintils durchschnittlich die 2,1-fache Strecke der Personen des ersten Quintils zurück. In der Gesamtbetrachtung wurden im Durchschnitt insgesamt 18.212 Pkm/P/a zurückgelegt. Der größte Teil wurde dabei über alle Quintile hinweg mit dem PKW zurückgelegt. Im Durchschnitt beträgt der PKW-Anteil 63%, wobei die Werte zwischen 58% im fünften Quintil und 68% im dritten Quintil schwanken (siehe Schaubild 88). Danach variiert die Reihenfolge der anderen Verkehrsmittel jedoch zwischen den Quintilen. Besonders auffällig sind die Unterschiede beim Verkehrsmittel „Flugzeug“. Abgesehen vom ersten Quintil belegt bei allen anderen vier Quintilen das Flugzeug klar den zweiten Rang, wobei es im fünften Quintil mit 25% den mit Abstand höchsten Wert aufweist. Dahingegen liegen im ersten Quintil das Flugzeug und Fernzug/Bahn mit 9% gleichauf auf dem zweiten Platz. Fasst man die drei Verkehrsmittel „S-Bahn, Nahverkehrszug“, „U-Bahn, Straßenbahn“ und „Linienbus, Stadtbus“ zur Klasse „ÖPNV“ zusammen, so zeigt sich der größte Anteil mit 9% im ersten Quintil. Danach sinkt der Anteil monoton über die Quintile ab auf nur noch 4% im fünften Quintil.

**Schaubild 87: Wege und Reisen nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptwegezwecke außer dienstlich (Pkm/P/a)**



Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

**Schaubild 88: Modal Split Wege und Reisen – alle Hauptwegezwecke außer dienstlich (% an Gesamtstrecke)**

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

## 9.5.4 Zusammengeführte Ergebnisse aus EVS und MiD2008

### 9.5.4.1 Methodik

Um die Ergebnisse der EVS und MiD2008 in den nächsten Schritten verwenden zu können, müssen diese zusammengeführt werden. Für den MIV werden die Daten der EVS verwendet. Hier liegen damit Werte für die Jahre 2008 und 2013 vor. Um die EVS und MiD2008-Ergebnisse vergleichbar zu machen und in Vorbereitung auf die nachfolgenden Berechnungen, werden die EVS-Ergebnisse in Personenkilometern verwendet. Entsprechend der bereits in Kapitel 9.3.1.3 vorgestellten Überlegungen, wird da-

bei vereinfachend angenommen, dass als Kraftstoffe nur Diesel und Benzin verwendet wurde. Außerdem wird ebenfalls vereinfachend angenommen, dass die gesamten Kraftstoffausgaben durch PKW verursacht wurden.<sup>103</sup>

Für alle restlichen Verkehrsmittel (ÖFNV und ÖPFV) werden die Ergebnisse der MiD2008 verwendet, da diese eine sehr viel differenzierte und damit auch für die weiteren Schritte operationalisierbare Differenzierung erlauben. Dabei wurden die Verkehrsmittel „Taxi“, „Schiff, Fähre“, „Fahrrad“, „zu Fuß“ und „anderes Verkehrsmittel“ von den Auswertungen ausgeschlossen, weil diese eine geringe Relevanz besitzen und teilweise keine verlässlichen Emissionsfaktoren für diese vorliegen. Eine genaue Auflistung der berücksichtigten Verkehrsmittel ist in Tab. 94 aufgeführt. Fett dargestellt sind die letztlich verwendeten Klassen.

**Tab. 73: Zuordnung und verwendete Klassifikation**

Aus EVS	Aus MiD2008
<b>MIV Benzin</b> <b>MIV Diesel</b>	PKW als Fahrer (W)
	PKW als Mitfahrer (W)
	Auto (R)
	Motorrad als Fahrer (W)
	Motorrad als Mitfahrer (W)
	Moped, Mofa (W)
	Lkw als Fahrer (W)
	Lkw als Mitfahrer (W)
Verkehrsdienstl. (oÜ) / Verkehrsdienstl. (mÜ) / Flüge (oÜ) / Flüge (mÜ) / Pauschalreise (Inland) / Pauschalreise (Ausland)	<b>Linienbus, Stadtbus (W)</b>
	<b>Reisebus (W/R)</b>
	<b>Flugzeug (W/R)</b>
	<b>S-Bahn, Nahverkehrszug (W)</b>
	<b>U-Bahn, Straßenbahn (W)</b>
	<b>Fernzug (W) / Bahn (R)</b>

*W: Ergebnisse aus Wegeauswertungen; R: Ergebnisse aus Reiseauswertungen*

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; eigene Zuordnung*

Allerdings müssen für eine Nutzung der MiD2008-Daten zwei Probleme gelöst werden. Erstens liegen allein Ergebnisse für das Jahr 2008 vor. Es wurde überlegt Schätzungen bezüglich der Entwicklung bis zum Jahr 2013 auf Basis von Sekundärdaten (zum Beispiel über die verkehrsträgerspezifischen Jahresfahrleistungsdaten aus „Verkehr in Zahlen“ des DIW Berlin) vorzunehmen. Da keine einkommensspezifischen Daten gefunden werden konnten, wurde sich jedoch gegen eine solche Schätzung entschieden. Eine prinzipiell mögliche Schätzung über die vorliegenden Ausgaben der EVS für „Verkehrsdienstleistungen“ wurde aufgrund der geringen Verkehrsmitteldifferenzierungstiefe ebenfalls verworfen.

<sup>103</sup> Ausführlicher begründet wird dieses Vorgehen in Kapitel 9.3.1.1.

Stattdessen werden für die Jahre 2008 und 2013 – mit Ausnahme des Flugverkehrs (siehe zwei Abschnitte weiter unten) – dieselben Werte angesetzt. Dies stellt natürlich eine Ungenauigkeit für das Jahr 2013 dar und sollte bei der Interpretation der Ergebnisse immer berücksichtigt werden. Dass der Fehler für das Jahr 2013 allerdings wahrscheinlich nicht sehr groß sein sollte, zeigen Daten der Veröffentlichung „Verkehr in Zahlen“ des DIW Berlin. Demnach hat sich die aggregierte Verkehrsleistung des Öffentlichen Personenverkehrs von 2008 bis 2013 kaum verändert. Sie lag im Jahr 2008 bei 222,9 Mrd. Personenkilometern und im Jahr 2013 nur minimal höher bei 223,1 Mrd. Personenkilometern (DIW Berlin 2016: 219).

Das zweite Problem bei der Nutzung der MiD2008-Daten besteht darin, dass diese aufgrund der eingeschränkten Einkommensdifferenzierung nur eine Differenzierung nach dem Nettoäquivalenzeinkommen auf Quintil- und nicht auf der Dezilebene aufweisen. Eine Schätzung der Unterschiede zwischen den Dezilen wurde in Erwägung gezogen, darauf aber letztlich mangels einkommensspezifischer Sekundärdaten und der fehlenden Differenzierungstiefe der EVS-Ausgabendaten verzichtet (Ausnahme Flugverkehr, siehe unten). Stattdessen werden die Quintilsergebnisse ohne weitere Anpassungen direkt den jeweils zugehörigen Dezilen zugeordnet, d.h. dem 1. und 2. Dezil die Ergebnisse des 1. Quintils, dem 3. und 4. Dezil die Ergebnisse des 2. Quintils usw.

Mit einer Ausnahme: dem Flugverkehr. Bei diesem werden sowohl das erste als auch das zweitgenannte Problem anders gelöst. Möglich ist dies, da die Ausgaben für Flüge in der EVS separat von den anderen Verkehrsmitteln abgefragt werden. Auf Basis der Gesamtausgaben für Flüge (siehe Tab. 74) werden dann die aus der MiD2008 auf Quintilebene vorliegenden Flugkilometer zum einen in Dezilswerte umgerechnet und zum anderen beruhend auf den Ausgabeänderungen für das Jahr 2013 geschätzt (siehe Tab. 75).

Für die Umrechnung in Dezile werden mittels der Daten der MiD2008 und EVS2008 die im Jahr 2008 pro ausgegebenem Euro zurückgelegten Flugkilometer auf Quintilebene berechnet (Tab. 75; Spalte (3)). Diese werden multipliziert mit den auf Dezilebene vorliegenden Ausgaben des Jahres 2008 aus der EVS2008, um dezilspezifische Ergebnisse zu den zurückgelegten Flugkilometern im Jahr 2008 (Tab. 75; Spalte (5)), und mit den auf Dezilebene vorliegenden Ausgaben des Jahres 2013 aus der EVS2013, um dezilspezifische Ergebnisse zu den zurückgelegten Flugkilometern im Jahr 2013 (Tab. 75; Spalte (7)) zu erhalten.



Tab. 74: Ausgaben für Flüge aus EVS2008 und 2013

Dezil	EVS2008				EVS2013			
	Flüge (oÜ)	Flüge (mÜ)	Flüge (Pauschal)	Flüge (gesamt)	Flüge (oÜ)	Flüge (mÜ)	Flüge (Pauschal)	Flüge (gesamt)
	€/Jahr/Person							
1	11	5	14	30	15	7	21	42
2	11	4	22	37	11	5	32	48
3	17	14	51	81	18	12	58	88
4	19	7	65	91	23	8	72	104
5	18	13	67	97	25	15	81	121
6	23	21	100	143	30	24	88	143
7	32	19	111	163	32	17	102	152
8	36	27	118	181	46	42	128	216
9	53	31	156	240	65	35	162	262
10	118	69	233	420	108	96	260	464
Ø	34	21	94	148	37	26	100	164

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Berechnung

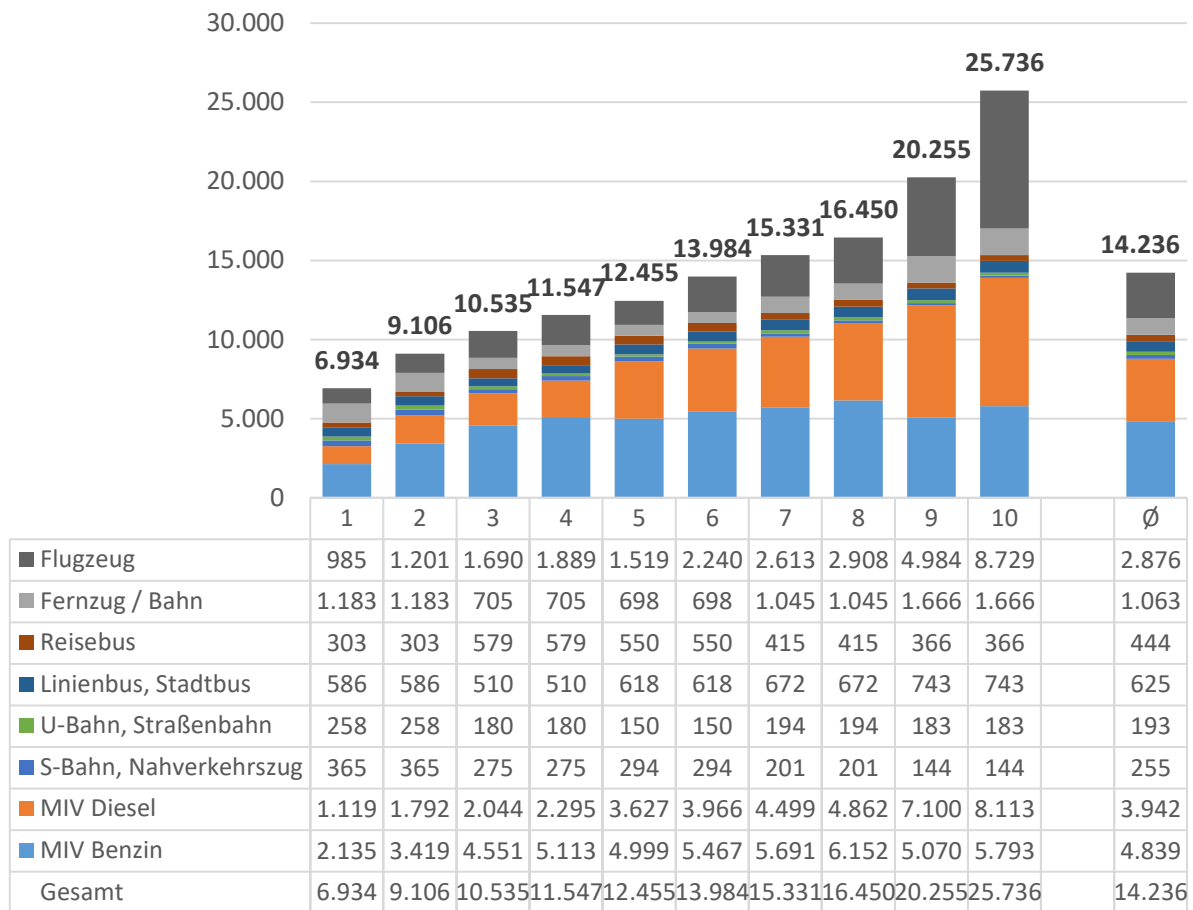
Tab. 75: Berechnung von dezilspezifischen Flugkilometern

Dezil	Flug- kilometer (MiD2008)	Flugaus- gaben (EVS2008)	Flugkilome- ter pro Euro (MiD2008 & EVS2008)	Flugaus- gaben (EVS2008)	Flug- kilometer (MiD2008 & EVS2008)	Flugaus- gaben (EVS2008)	Flug- kilometer (MiD2008 & EVS2008)
	Pkm/P/a	€/P/a	Pkm/€	€/P/a	Pkm/P/a	€/P/a	Pkm/P/a
	(1)	(2)	(3)=(1)/(2)	(4)	(5)=(4)*(3)	(6)	(7)=(6)*(3)
1	1.093	34	32	30	985	42	1.353
2				37	1.201	48	1.565
3	1.789	86	21	81	1.690	88	1.826
4				91	1.889	104	2.161
5	1.879	120	16	97	1.519	121	1.900
6				143	2.240	143	2.230
7	2.760	172	16	163	2.613	152	2.436
8				181	2.908	216	3.468
9	6.856	330	21	240	4.984	262	5.437
10				420	8.729	464	9.631
Ø	2.938	148	20	148	2.876	164	3.200

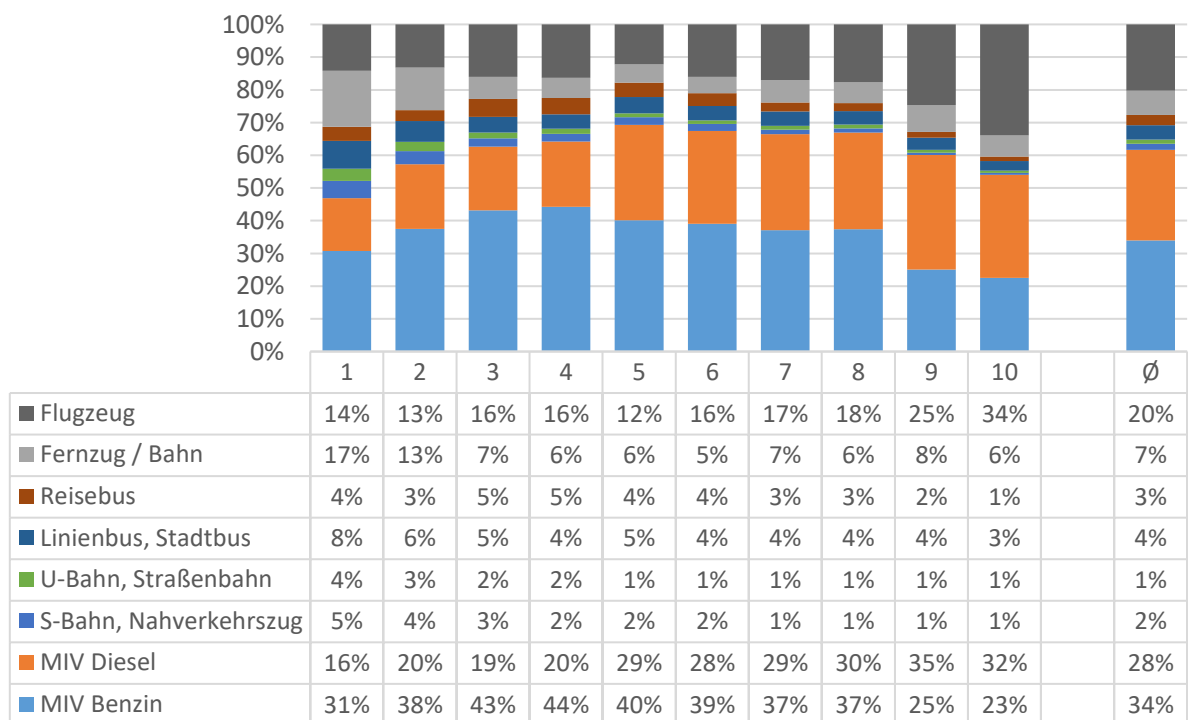
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; eigene Berechnung

#### 9.5.4.2 Ergebnisse

Die kombinierten Ergebnisse der EVS2008 und von MiD2008 bezüglich der jährlich zurückgelegten Personenkilometer sind in Schaubild 89 dargestellt. Insgesamt steigen die jährlich pro Person zurückgelegten Personenkilometer streng monoton über die Dezile von 6.934 Pkm/P/a im ersten Dezil auf 25.736 Pkm/P/a im zehnten Dezil. Damit legte das zehnte Dezil die 3,7-fache Strecke des ersten Dezils zurück. Der größte relative Sprung mit +31% ist dabei vom ersten auf das zweite Dezil, der größte absolute Sprung mit 5.481 Pkm/P/a hingegen vom neunten auf das zehnte Dezil zu beobachten. Dabei machen über alle Dezile hinweg MIV den größten Anteil am Modal-Split aus. Durchschnittlich liegt der MIV-Anteil bei 61%, wobei der Maximalwert von 69% im fünften Dezil und der Minimalwert von 47% im ersten Dezil auftreten (siehe Schaubild 90). Beruhend auf der in Kapitel 9.3.1.3 berechneten Aufteilung der Kraftstoffausgaben, den unterschiedlichen Preisen (siehe Kapitel 9.4.1) und den unterschiedlichen Umrechnungsfaktoren in Personenkilometern (siehe Kapitel 9.5.2.2) zeigen sich über die Dezile deutliche Unterschiede zwischen den Anteilen der MIV Diesel- und MIV Benzin. So liegt der Anteil von MIV Diesel an der gesamten Verkehrsleistung im ersten Dezil bei 16%, im zehnten Dezil hingegen mit 32% doppelt so hoch. Dahingegen machen MIV Benzin im ersten Dezil 31%, im zehnten Dezil hingegen nur 23%. Bezieht man den Anteil der MIV Diesel allein auf die MIV-Fahrleistung, so liegt deren Anteil im ersten Dezil bei 34%, im zehnten Dezil hingegen bei 58%. Nach den MIV folgt als nächstwichtigstes Verkehrsmittel bei allen Dezilen außer dem ersten das Flugzeug. Sein Anteil am Verkehrsaufkommen liegt bei minimal 12% im fünften und bei maximal 34% im zehnten Dezil. Absolut betrachtet wurden mit 985 Pkm/P/a im ersten Dezil die wenigsten und mit 8.729 Pkm/P/a im zehnten Dezil die meisten Personenkilometer mit dem Flugzeug zurückgelegt. Das entspricht dem 8,9-fachen. Beim ersten Dezil liegt die Verkehrsklasse „Fernzug/Bahn“ mit einem Anteil von 17% auf dem zweiten Platz hinter den MIV. Deren Anteil liegt im zehnten Dezil hingegen nur bei 6%. Fasst man die drei Verkehrsmittel „S-Bahn, Nahverkehrszug“, „U-Bahn, Straßenbahn“ und „Linienbus, Stadtbus“ zur Variable „ÖPNV“ zusammen, so zeigt sich der größte Anteil mit 17% im ersten Dezil. Danach sinkt der Anteil über die Dezile fast monoton ab auf nur noch 4% im zehnten Dezil.

**Schaubild 89: Personenkilometer nach Verkehrsmitteln im Jahr 2008 (Pkm/P/a)**

Quellen: FDZ 2010; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

**Schaubild 90: Modal Split im Jahr 2008 (% an Gesamtstrecke)**

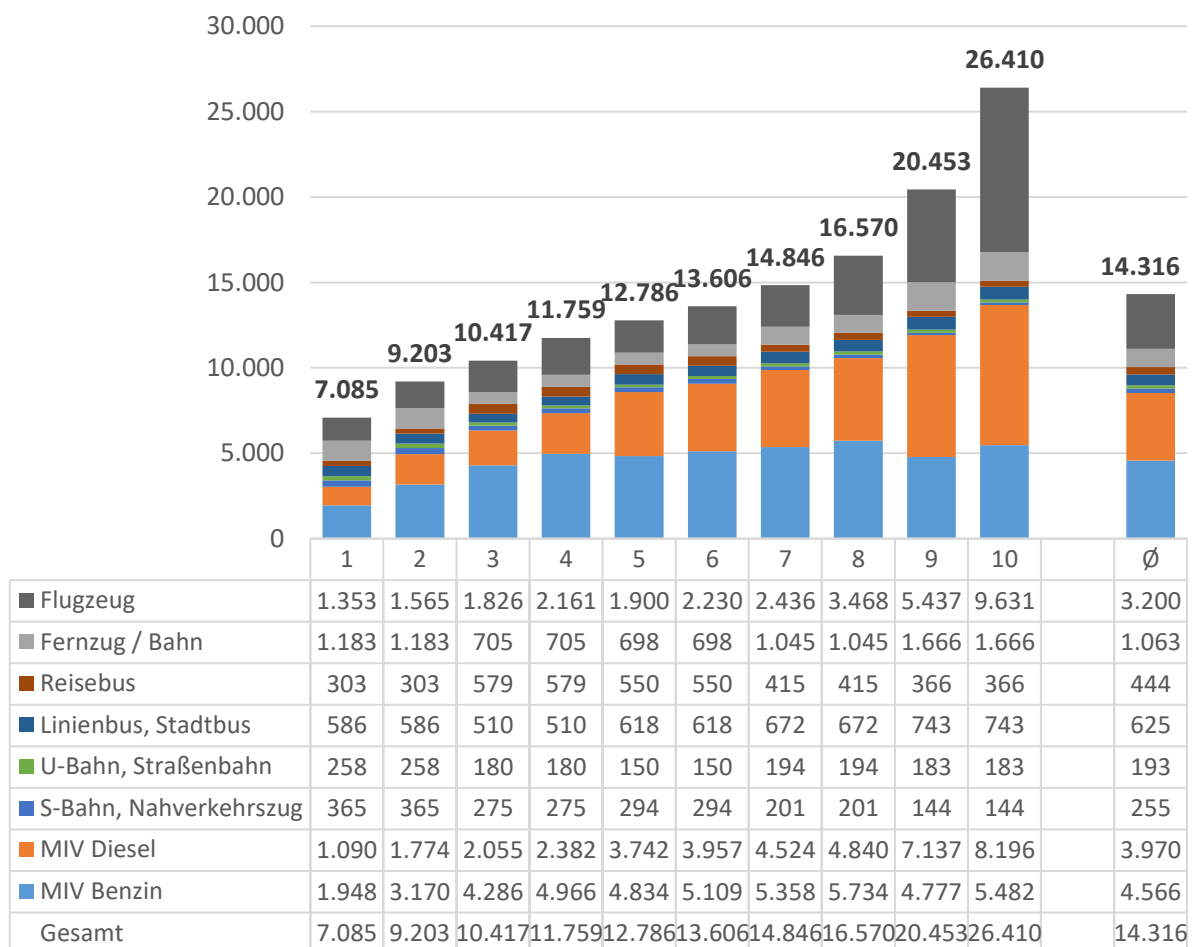
Quellen: FDZ 2010; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

Die Ergebnisse des Jahres 2013 (siehe Schaubild 91) sind denen des Jahres 2008 relativ ähnlich. Für die Verkehrsmittel „S-Bahn, Nahverkehrszug“, „U-Bahn, Straßenbahn“, „Linienbus, Stadtbus“, „Reisebus“ und „Fernzug / Bahn“ sind sie identisch, da hier nur Ergebnisse aus MiD2008 vorliegen, die unverändert für das Jahr 2013 übernommen wurden (siehe Kapitel 9.5.4.1).

Wie in Kapitel 9.5.2.2 bereits dargestellt, ist die MIV-Fahrleistung von 2008 bis 2013 insgesamt etwas zurückgegangen, wobei die Fahrleistung von MIV Diesel leicht angestiegen ist (+28 Pkm/P/a), während mit MIV Benzin weniger Kilometer zurückgelegt wurden (-273 Pkm/P/a). Deswegen ist der durchschnittliche Anteil von MIV Diesel an der Gesamtstrecke mit 28% im Vergleich zum Jahr 2008 relativ konstant geblieben, während der von MIV Benzin um 2% zurückging auf 32% (siehe Schaubild 92).

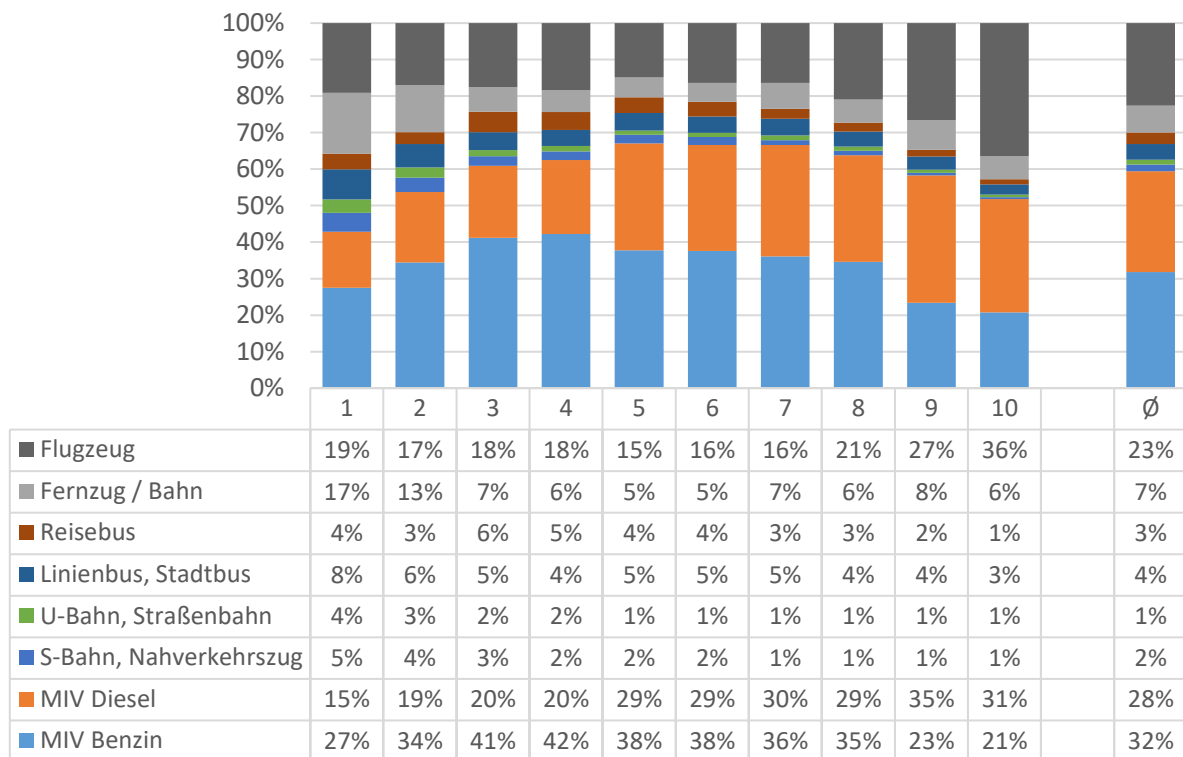
Beim Flugverkehr lässt sich ein Anstieg beobachten (siehe Kapitel 9.5.4.1). Durchschnittlich stieg dessen Verkehrsleistung um 324 Pkm/P/a auf 3.200 Pkm/P/a an und machte damit im Jahr 2013 durchschnittlich 23% der Verkehrsleistung aus. Absolut und relativ gesehen wird der mit Abstand höchste Wert mit 9.631 Pkm/P/a und 36% im zehnten Dezil erreicht. Der niedrigste absolute Wert von 1.353 Pkm/P/a liegt im ersten Dezil vor, der relativ gesehen niedrigste Wert im fünften Dezil mit 15%.

**Schaubild 91: Personenkilometer nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 (Pkm/P/a)**



Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

Schaubild 92: Modal Split im Jahr 2013 (% an Gesamtstrecke)

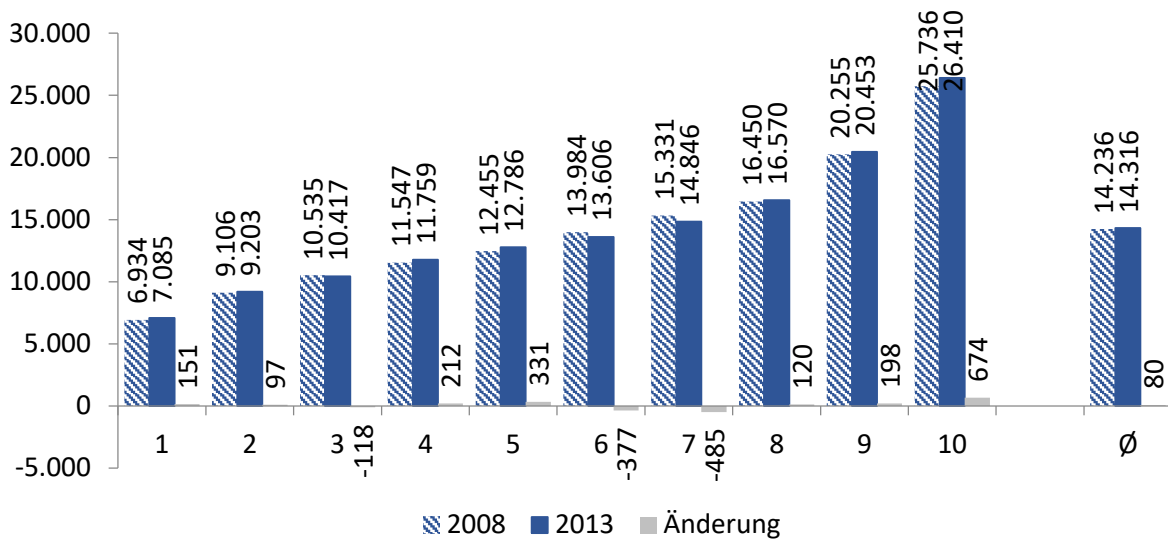


Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

Vergleicht man die absoluten Personenkilometer zwischen den Jahren 2008 und 2013, so zeigt sich im Durchschnitt ein relativ konstantes Bild (siehe Schaubild 93).<sup>104</sup> Im Jahr 2013 lag die Gesamtverkehrsleistung bei 14.316 Pkm/P/a und damit nur minimal höher als im Jahr 2008 (+80 Pkm/P/a). Dabei zeigt sich über die Dezile ein uneinheitliches Bild. In manchen geht die Verkehrsleistung zurück, in manchen steigt sie an. Der größte Zuwachs ist im zehnten Dezil mit +674 Pkm/P/a zu beobachten, der größte Rückgang im siebten Dezil mit -485 Pkm/P/a. Das Verhältnis von zehntem zu erstem Dezil liegt sowohl im Jahr 2008 als auch im Jahr 2013 bei 3,7.

<sup>104</sup> Für die Verkehrsmittel „S-Bahn, Nahverkehrszug“, „U-Bahn, Straßenbahn“, „Linienbus, Stadtbus“, „Reisebus“ und „Fernzug / Bahn“ sind sie identisch, da hier nur Ergebnisse aus MiD2008 vorliegen, die unverändert für das Jahr 2013 übernommen wurden (siehe Kapitel 9.5.4.1). Das muss einschränkend berücksichtigt werden

Schaubild 93: Vergleich Personenkilometer 2008 und 2013 (Pkm/P/a)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

## 9.6 Berechnung der Emissionen (Schritt 6)

### 9.6.1 Emissionsfaktoren

Für jedes Verkehrsmittel werden spezifische Emissionsfaktoren verwendet. Anders als beim Strom und bei der Wärme werden dazu nicht (allein) Daten der GEMIS-Datenbank, sondern Emissionsfaktoren der Methodenkonvention 2.0 des Umweltbundesamts verwendet. Begründet ist dies darin, dass die Emissionsfaktoren der Methodenkonvention deutlich umfangreicher und besser auf die in der Methodenkonvention enthaltenen Kostensätze des Mobilitätsbereichs – die in dieser Arbeit ebenfalls verwendet werden (siehe Kapitel 6.5.5) – abgestimmt sind. So sind in der Methodenkonvention Emissionsfaktoren für die Bereiche „Auspuff“, „Abrieb“, „Bau“, „Wartung“, „Entsorgung“ und „Kraftstoffbereitstellung“ bezüglich der Feinstaubemissionen enthalten, was bei GEMIS nicht der Fall ist. Den Ausgangspunkt der Berechnungen stellen die Tabellen BA1 und BA2 des Anhangs B der Methodenkonvention 2.0 dar (Schwermer et al. 2014). Im Folgenden werden die Schritte dargestellt, die zur Berechnung der letztlich verwendeten Emissionsfaktoren durchgeführt wurden.

1. Wie schon bei den Verbrauchsberechnungen (siehe Kapitel 9.5) wird auch hier weiterhin angenommen, dass der gesamte MIV mit durchschnittlichen PKW, aufgeteilt in Benzin und Diesel, zurückgelegt wurde.<sup>105</sup>
2. Die Emissionsfaktoren liegen teilweise in der Aufteilung „innerorts“, „außerorts“ und „Autobahn“ vor. Zur Berechnung durchschnittlicher Werte, wurden Daten zur Jahresfahrleistung aus dem

<sup>105</sup> Ausführlicher begründet wird dieses Vorgehen in Kapitel 9.3.1.1.

Transport Emission Models (TREMOD) verwendet, die auf Anfrage vom ifeu bereitgestellt wurden.<sup>106</sup>

**Tab. 76: Aufteilung der Jahresfahrleistung nach Lage**

Verkehrsmittel	Lage	2010	
		Mio. km/a	Anteil
PKW	Autobahn	171.778	29%
	Außerorts	229.001	38%
	Innerorts	194.760	33%
Linienbus	Autobahn	101	6%
	Außerorts	558	35%
	Innerorts	939	59%
Reisebus	Autobahn	755	35%
	Außerorts	1.168	54%
	Innerorts	231	11%

Quelle: ifeu, TREMOD (Anfrage per E-Mail, Antwort am 02.11.2016)

- Die Emissionsfaktoren der Methodenkonvention 2.0 liegen in der Einheit Tonnen pro Fahrzeugkilometer vor. Um die Emissionsfaktoren hier nutzen zu können, findet bei allen Verkehrsmitteln eine Umrechnung auf g/Pkm statt. Dazu werden die Emissionsfaktoren durch den durchschnittlichen Besetzungsgrad des jeweiligen Verkehrsmittels geteilt (Schwermer et al. 2014: Tabelle B15).
- Für das Verkehrsmittel „Flugzeug“ liegen in der Methodenkonvention 2.0 keine Emissionsfaktoren vor. Hier werden deswegen Daten der GEMIS-Datenbank v4.94 verwendet. Dabei wird zwischen Emissionsfaktoren von internationalen und inländischen Flügen unterschieden. Die Gewichtung zwischen Inlands- (5%) und internationalen Flügen (95%) zu einem Durchschnittswert basiert auf Daten des Statistischen Bundesamt zum „Luftverkehr auf allen Flugplätzen“. Demnach lag in Deutschland im Jahr 2011 die Verkehrsleistung in das Ausland bei 195 Mrd. Personenkilometern und die Verkehrsleistung innerhalb Deutschlands bei 10 Mrd. Personenkilometern (Statistisches Bundesamt 2014c: 19). Anders als bei den anderen Verkehrsmitteln sind durch die Verwendung der GEMIS-Daten beim Flugverkehr nicht die Emissionen von „Bau“, „Wartung“ und „Entsorgung“ enthalten. Erfasst sind also allein die durch den „Betrieb“, also der Kraftstoffverbrennung im Flugzeug, verursachten und durch die Vorketten der Kraftstoffbereitstellung entstehenden Emissionen. Auch bei den Feinstaub-Emissionen liegen beim Flugverkehr nur ungenauere Daten vor (nur PM<sub>10</sub>).
- Bei den Emissionsfaktoren der Methodenkonvention 2.0 wird nicht unterschieden zwischen Nah- und Fernverkehrszügen, sondern allein zwischen elektrisch und mit Dieselmotoren betriebenen Personenzügen. Mittels weiterer Sekundärquellen wurde deswegen der Unterschied zwischen

<sup>106</sup> Anfrage per E-Mail an ifeu, E-Mail-Antwort am 02.11.2016.

Nah- und Fernverkehrszügen auf Basis des unterschiedlichen Anteils der Fahrleistung von Diesel- und Elektrofahrzeugen geschätzt. Bei der Variable „S-Bahn, Nahverkehrszug“ wurde der Anteil von Elektro (80%) und Diesel (20%) aus dem Transport Emission Models (TREMOM) in der Version 5.3 entnommen. Demnach lag der Fahrleistungsanteil der mit Dieseltreibstoff betriebenen Loks im Personennahverkehr im Jahr 2011 bei 17% (Knörr 2012: 32). Auf Daten von TREMOD basierend wurde auch die Entscheidung getroffen, für die Bereiche „Fernzug“ und „Bahn“ allein die Emissionsfaktoren von Fernzügen mit Elektroantrieb anzusetzen, denn nach TREMOD lag der Anteil von Dieselloks an der Fahrleistung im Personenfernverkehr nur bei 2% (Knörr 2012: 32) und ist damit im Gesamtkontext eher vernachlässigbar.

6. Um auch die durch die Infrastruktur der jeweiligen Verkehrsträger verursachten Emissionen zumindest teilweise zu erfassen, werden zusätzliche Berechnungen des Ökoinstituts verwendet, die nicht in der Methodenkonvention 2.0 enthalten sind (Mottschall und Bergmann 2013: Tabelle 70 und 71). Allerdings werden in der genannten Studie nur THG-Emissionen berechnet; sonstige Luftschadstoffemissionen sind nicht enthalten. Für den MIV-Bereich wird die Umrechnung in g/kWh mittels der in Schritt 2 benannten Daten der Methodenkonvention 2.0 zu Verbrauch, durchschnittlichem Besetzungsgrad und dem Energieeinheitenumrechner der AGEB durchgeführt.

Ausführlich dargestellt – aufgeteilt auf alle berücksichtigten Lebenszyklusdaten – sind die berechneten Emissionsfaktoren im Anhang in Tab. 179, Tab. 180 und Tab. 181. Aggregiert über alle berücksichtigten Lebenszyklusphasen sind die schließlich über die oben genannten Berechnungsschritte genannten Emissionsfaktoren des Mobilitätsbereichs in Tab. 77 abgebildet. In Tab. 78 ist außerdem eine tabellarische Übersicht über die Zuordnung der verwendeten ursprünglichen Emissionsfaktoren auf die Verkehrsmittel aufgeführt.



Tab. 77: Verwendete Emissionsfaktoren im Mobilitätsbereich (g/Pkm)

Schadstoff	PKW Benzin	PKW Diesel	Fernzug / Bahn	S-Bahn, Nahverkehrszug	U-Bahn, Straßenbahn	Linienbus, Stadtbus	Reisebus	Flugzeug
	g/Pkm							
SO <sub>2</sub>	5,75E-01	3,93E-01	8,25E-02	1,46E-01	1,06E-01	1,74E-01	1,94E-01	4,88E-01
NO <sub>x</sub>	2,28E-01	3,69E-01	5,74E-02	4,83E-01	4,59E-01	5,05E-01	5,20E-01	6,19E-01
PM <sub>10</sub> (gesamt)								8,50E-03
PM <sub>10</sub> (Abrieb)	1,84E-02	1,84E-02				2,42E-02	1,49E-02	
PM <sub>2,5</sub>	2,64E-02	2,04E-02	6,90E-03	1,15E-02	6,90E-03	8,86E-03	9,89E-03	
PM <sub>2,5</sub> (Auspuff)	1,43E-03	1,06E-02	1,43E-03	2,57E-02	2,57E-02	1,19E-02	1,07E-02	
NM VOC	2,24E-01	1,93E-01	3,72E-02	8,28E-02	5,85E-02	1,09E-01	1,15E-01	8,74E-02
NH <sub>3</sub>	2,24E-02	4,51E-04				1,46E-04	2,05E-04	1,30E-04
CO <sub>2</sub>	1,54E+02	1,21E+02	5,85E+01	8,48E+01	7,32E+01	7,09E+01	7,82E+01	1,57E+02
CH <sub>4</sub>	1,42E-03	1,75E-04	1,36E-01	1,09E-01	1,09E-01	5,74E-04	4,79E-04	4,01E-02
N <sub>2</sub> O	9,63E-04	2,27E-03				3,87E-04	4,50E-04	6,06E-04
CO <sub>2</sub> e	1,55E+02	1,22E+02	7,32E+01	1,03E+02	9,12E+01	7,11E+01	7,83E+01	1,59E+02

Quellen: Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; eigene Berechnung

Tab. 78: Zuordnung der Emissionsfaktoren im Mobilitätsbereich

Verkehrsmittel	Emissionsfaktoren	Quelle
MIV Diesel	PKW Diesel	MK 2.0
MIV Benzin	PKW Benzin	MK 2.0
Linienbus, Stadtbus	Linienbus (Diesel)	MK 2.0
Reisebus	Reisebus (Diesel)	MK 2.0
S-Bahn, Nahverkehrszug	80% Personenzug (elektrisch)+ 20% Personenzug (Diesel)	MK 2.0
U-Bahn, Straßenbahn	Personenzug (elektrisch)	MK 2.0
Fernzug	Personenzug (elektrisch)	MK 2.0
Bahn	Personenzug (elektrisch)	MK 2.0
Flugzeug	5% Flugzeug-Passagiere-Inland-DE-2010 95% Flugzeug-Passagiere-international-DE-2010	GEMIS 4.94

Quellen: Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; eigene Zuordnung; MK 2.0 = Methodenkonvention 2.0

Da in der Methodenkonvention und in GEMIS keine jahresspezifischen Emissionsfaktoren für die Jahre 2008 und 2013 vorhanden sind, werden die Emissionsfaktoren des Jahres 2010 sowohl für die Berechnungen des Jahr 2008 als auch des Jahres 2013 eingesetzt. Der dadurch entstehende Fehler wird beim MIV dadurch abgemildert, dass bei diesem über die EVS Angaben zum Kraftstoffverbrauch vorliegen, insofern also der Effekt sparsamerer MIV bereits berücksichtigt wird. Insbesondere im Bereich der THG, die fast vollständig vom Kraftstoffverbrauch abhängen, ist der durch den einheitlichen Emissions-

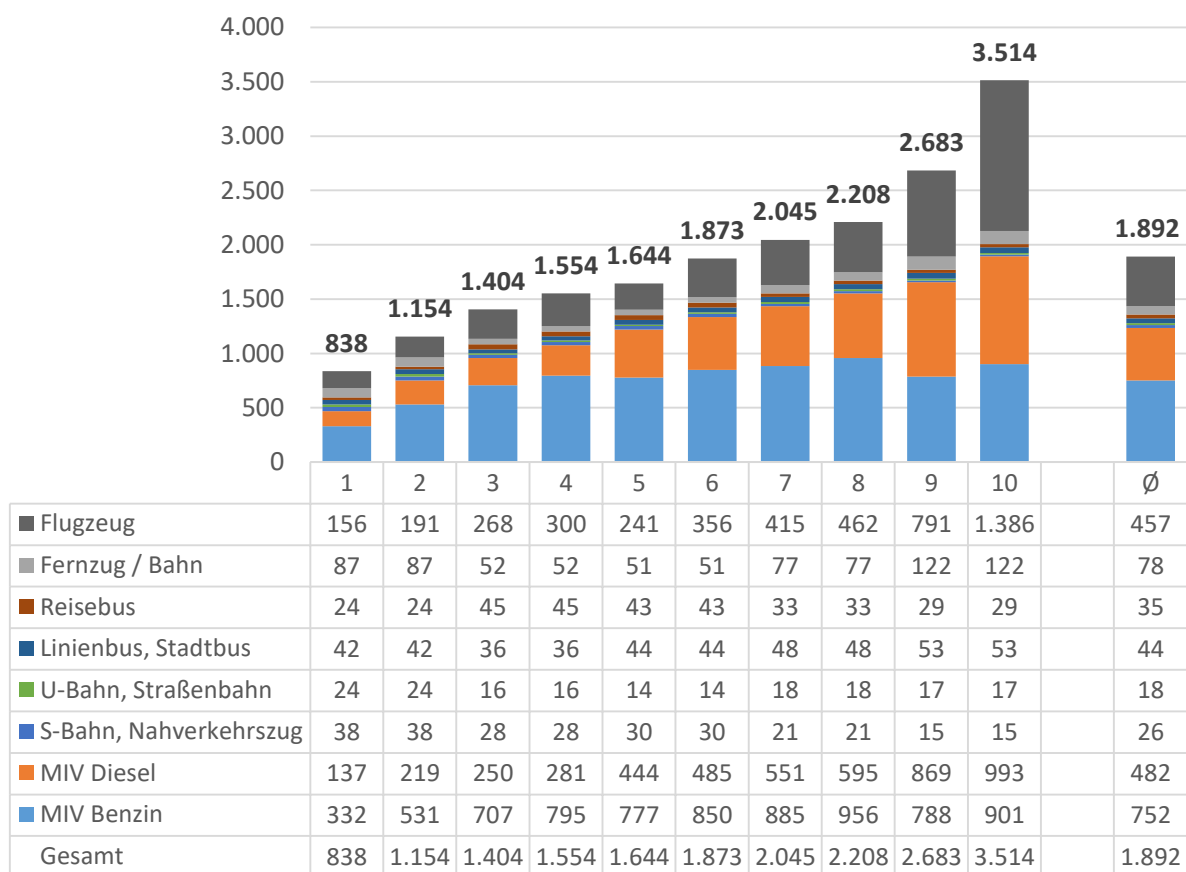
faktor des Jahres 2010 auftretende Fehler deswegen höchstwahrscheinlich eher gering. Bei den Luftschadstoffen ist jedoch im MIV-Bereich durch die Verschärfung der EURO-Abgasnormen davon auszugehen, dass wahrscheinlich Minderungen bei den Emissionsfaktoren von 2008 bis 2013 stattgefunden haben. Im Rahmen dieser Arbeit war es aber nicht möglich, diese Änderungen genau zu beziffern. Diese Ungenauigkeiten müssen bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

### 9.6.2 Ergebnisse

Ausführlich dargestellt werden in diesem Kapitel allein die THG-Emissionen. Die restlichen Luftschadstoffe sind in tabellarischer Form im Anhang in Tab. 182 (2008) und Tab. 183 (2013) zu finden.

Die THG-Emissionen steigen von 838 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im ersten Dezil streng monoton an auf 3.514 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im zehnten Dezil (siehe Schaubild 94). Damit emittiert das zehnte Dezil 4,2-mal so viel wie das erste Dezil. Durchschnittlich liegen die THG-Emissionen durch die berücksichtigten Mobilitätsprozesse bei 1.892 kg CO<sub>2</sub>e/P/a. Insbesondere bei den MIV- und Flugzeug-Emissionen liegen große Unterschiede vor: Bei den MIV-Emissionen verursacht das zehnte Dezil 4,0-mal so viele Emissionen wie das erste Dezil, bei den Flugzeugemissionen sogar das 8,9-fache.

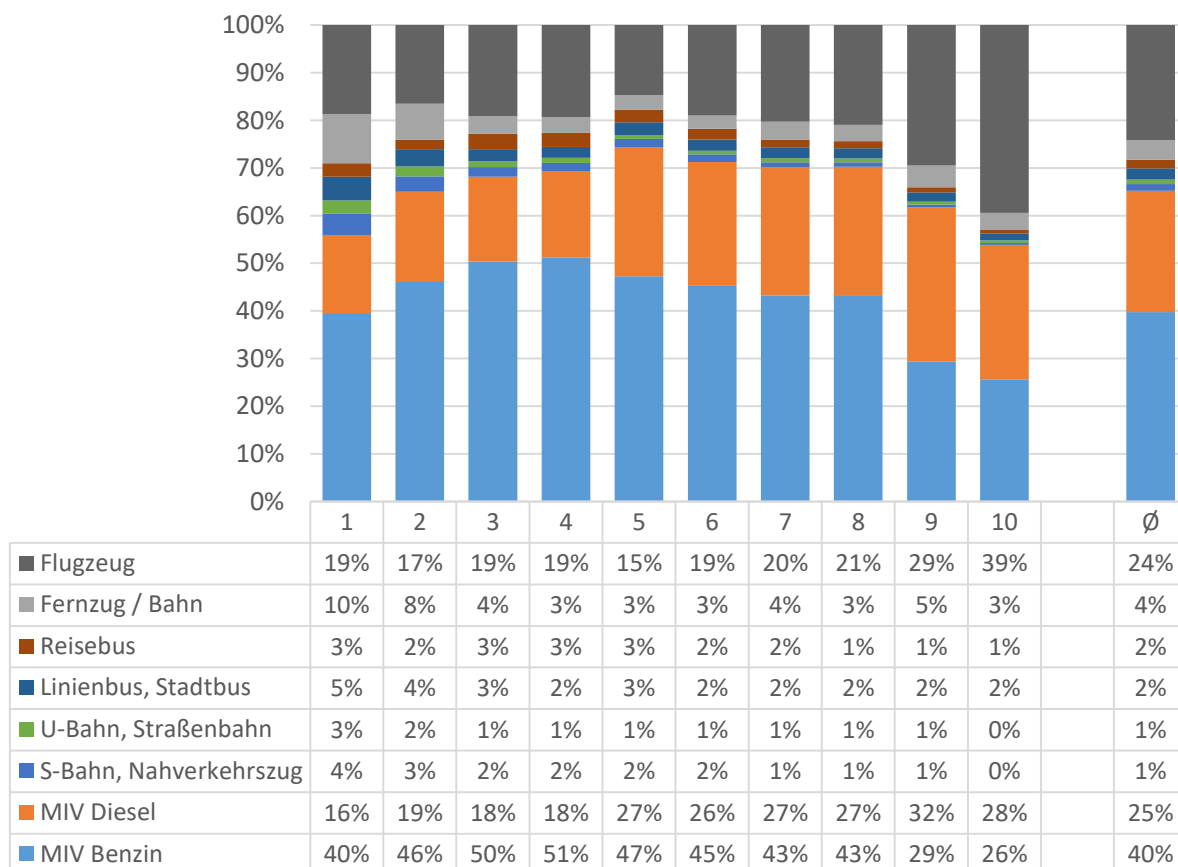
**Schaubild 94: THG-Emissionen nach Verkehrsmitteln im Jahr 2008 (kg CO<sub>2</sub>e/P/a)**



Quellen: FDZ 2010; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; eigene Berechnung

Dabei ist der MIV (Benzin + Diesel) über alle Dezile hinweg für den größten Teil dieser Emissionen verantwortlich: Hier lässt sich zunächst ein steigender Verlauf von 56% im ersten bis auf den Maximalwert von 74% im fünften Dezil beobachten (siehe Schaubild 95). Danach fällt der MIV-Anteil wieder ab auf den Minimalwert von 54% im zehnten Dezil. Hauptsächlich verantwortlich für diesen Verlauf sind die Flugzeug-Emissionen: In allen Dezilen machen diese (soweit man Benzin und Diesel zusammen als MIV betrachtet) den zweitgrößten Anteil aus. Vom ersten bis achten Dezil liegt der Anteil des Flugzeugs an den THG-Emissionen relativ nah beieinander in einem Bereich von 15-21%. Im neunten Dezil steigt er jedoch deutlich an auf 29%, im zehnten Dezil beträgt er sogar 39%. Alle anderen Verkehrsträger, bei denen es sich um Verkehrsmittel des ÖPNV und ÖPFV handelt, haben hingegen einen eher geringen Anteil an den THG-Emissionen. Allein „Fernzug / Bahn“ weist im ersten Dezil mit 10% noch eine zweistellige Prozentzahl auf. Summiert man die Anteile aller Verkehrsmittel des ÖPNV und ÖPFV (ausgenommen Flugzeug), so liegt der Maximalwert von 25% im ersten Dezil. Über die Dezile fällt die Summe dann monoton ab auf nur noch 7% im zehnten Dezil.

**Schaubild 95: THG-Emissionen nach Verkehrsmitteln im Jahr 2008 (% an Mobilitäts-CO<sub>2</sub>e-Emissionen)**

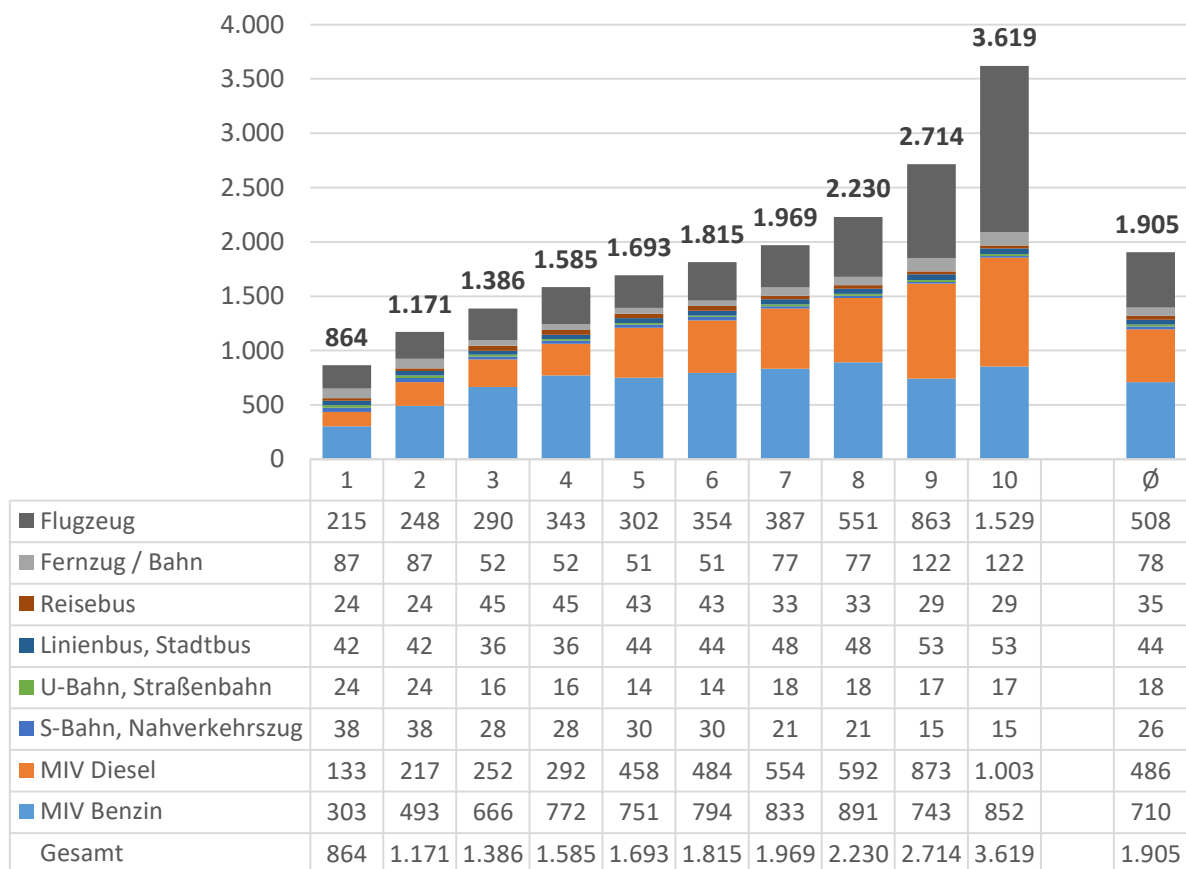


Quellen: FDZ 2010; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; eigene Berechnung

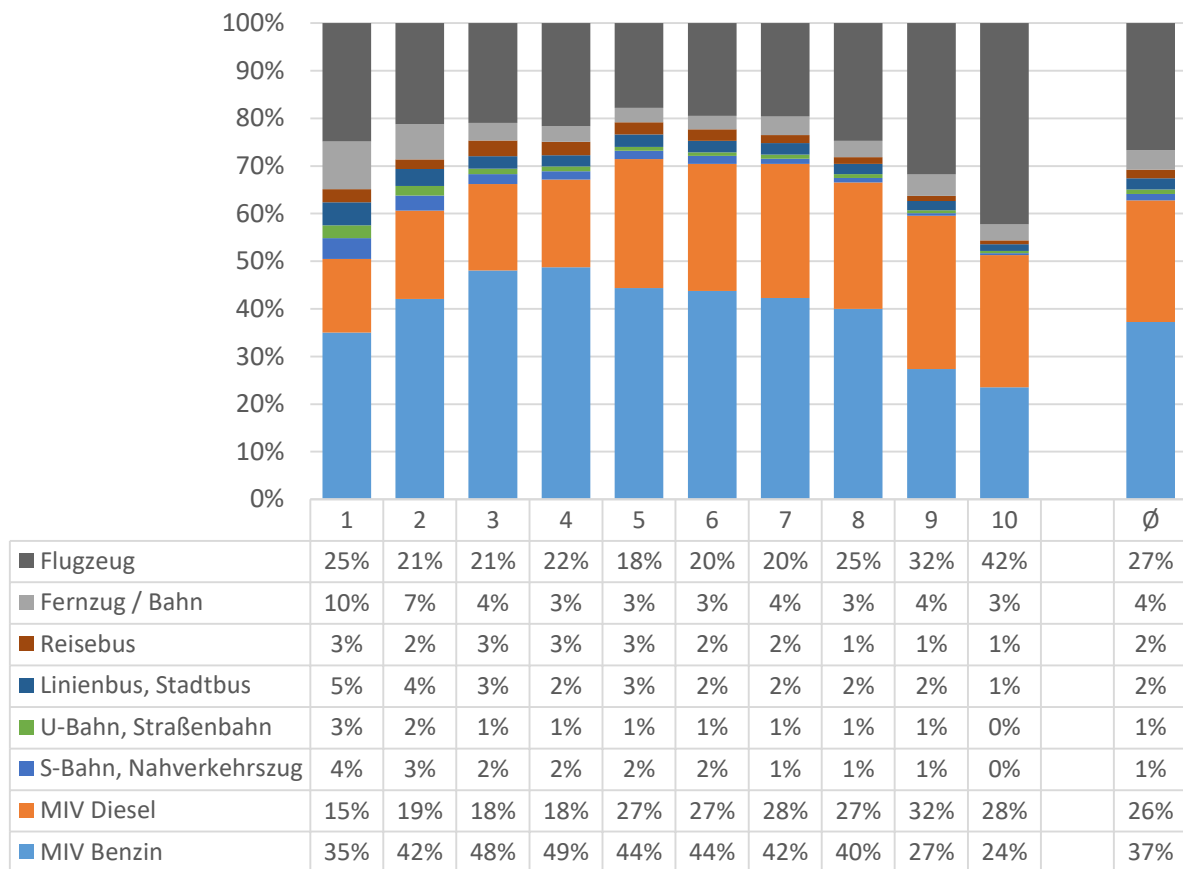
Im Jahr 2013 liegen die durchschnittlichen Mobilitäts-THG-Emissionen bei 1.905 kg CO<sub>2</sub>e/P/a (siehe Schaubild 96) und damit nur minimal höher als im Jahr 2008 (+13 kg CO<sub>2</sub>e/P/a). Größere Änderungen im Vergleich zum Jahr 2008 sind allein beim Flugzeug festzustellen. Hier steigen die Emissionen im Schnitt um 11% an auf durchschnittlich 508 kg CO<sub>2</sub>e/P/a. Bei den MIV-Emissionen ist bei den MIV Diesel im Durchschnitt eine minimale Zunahme (+3 kg CO<sub>2</sub>e/P/a) und bei den MIV Benzin ein leichter Rückgang (-42 kg CO<sub>2</sub>e/P/a) zu beobachten. Die restlichen Verkehrsmittel wurden in Ermangelung neuerer Daten unverändert aus dem Jahr 2008 übernommen. Insgesamt bleibt so über die Dezile der schon im Jahr 2008 beobachtbare streng monoton steigende Trend bestehen: Die THG-Emissionen steigen von 864 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im ersten Dezil auf 3.619 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im zehnten Dezil an. Das Verhältnis von zehntem zu erstem Dezil liegt wie schon 2008 bei 4,2.

Auch bei den Anteilen haben sich deswegen nur geringe Änderungen im Vergleich zum Jahr 2008 ergeben (siehe Schaubild 97). Flugzeuge sind nun für einen noch größeren Teil verantwortlich: Vom ersten bis achten Dezil liegt deren Anteil zwischen 18% und 25%, im neunten Dezil bei 32% und im zehnten Dezil bei 42%.

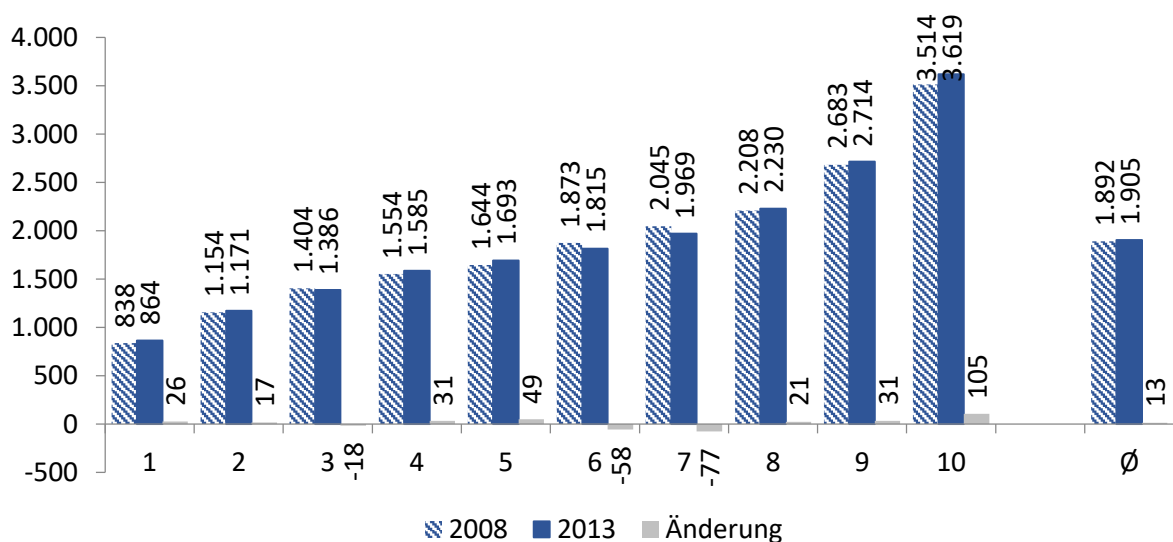
**Schaubild 96: THG-Emissionen nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 (kg CO<sub>2</sub>e/P/a)**



Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; eigene Berechnung

**Schaubild 97: THG-Emissionen nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 (% an Mobilitäts-CO<sub>2</sub>e-Emissionen)**

Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; eigene Berechnung

**Schaubild 98: Vergleich der THG-Emissionen 2008 und 2013 (kg CO<sub>2</sub>e/P/a)**

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMWi 2014; BMVBS 2010; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; eigene Berechnung

## 9.7 Berechnung der externen Kosten (Schritt 7)

### 9.7.1 Verkehrsmittelspezifische Kostensätze

Die verkehrsmittelspezifischen Kostensätze beruhen auf den in Kapitel 6.5.5 (Tab. 19) dargestellten Kostensätzen. Diese werden mit den in Kapitel 9.6.1 aufgeführten Emissionsfaktoren (Tab. 77) multipliziert. Daraus ergeben sich die in Tab. 79 für das Jahr 2008 und in Tab. 80 für das Jahr 2013 dargestellten Kostensätze. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die Kostensätze der Jahre 2008 und 2013 auf Daten des Jahres 2010 beruhen, die allein auf das jeweilige Jahr mittels des VPI (Statistisches Bundesamt 2017b) preisnormiert wurden.

Für  $PM_{10}$  aus dem Flugverkehr liegen keine spezifischen Kostensätze vor, deswegen wird hierfür teilweise der Kostensatz für die Energieerzeugung angesetzt. Ähnliches gilt für die  $PM_{2.5}$ -Emissionen, die nicht der Betriebsphase sondern den anderen Lebenszyklusphasen (Bau, Wartung, Entsorgung, Kraftstoffbereitstellung) entstammen (in Tab. 79 und Tab. 80 unter „ $PM_{2.5}$ “ aufgeführt). Da bei diesen nicht nachvollziehbar ist, welchen Quellen sie entstammen, wird für sie der Kostensatz für  $PM_{2.5}$  aus der Energieerzeugung angesetzt. Da dieser deutlich niedriger liegt als der für  $PM_{2.5}$  aus dem Auspuff, ist anzunehmen, dass dies die externen Kosten dieser Variable eher unter- als überschätzt.

Im Mobilitätsbereich werden neben den externen Kosten durch THG und Luftschadstoffe außerdem die externen Kosten durch Lärm berücksichtigt. Dafür werden die Kostensätze der Methodenkonvention 2.0 verwendet (Schwermer et al. 2014: Tabelle B13). Um diese von Werten pro Fahrzeugkilometer in Werte pro Personenkilometer umzurechnen, werden die Emissionsfaktoren durch den durchschnittlichen Besetzungsgrad des jeweiligen Verkehrsmittels (Schwermer et al. 2014: Tabellen B15) geteilt. Für den Luftverkehr liegen in der Methodenkonvention 2.0 keine Kostensätze vor. Hier werden deswegen Daten von INFRAS verwendet. Für Lärm wird in der Studie von INFRAS für Flugzeuge ein Kostensatz von 1,28 Ct/Pkm angesetzt (Schreyer et al. 2007; Tabelle S-2). Da diese Daten für das Jahr 2005 gelten, werden sie mittels des VPI auf die Jahre 2008 und 2013 preisnormiert. Die Preisnormierung wurde auch bei den Lärmkostensätzen vorgenommen, die aus der Methodenkonvention 2.0 stammen.

In vielen Studien zu externen Kosten des Verkehrs werden auch die volkswirtschaftlichen Kosten durch Verkehrsunfälle (zum Beispiel in van Essen et al. 2011; Becker et al. 2012; Schreyer et al. 2007 oder Puls 2013) einbezogen. Der entscheidende Punkt bezüglich der Einstufung der Unfallkosten als externe Kosten liegt dabei in der Frage, ob die Verkehrsteilnehmer das Unfallrisiko durch ihre Verkehrsteilnahme richtig einschätzen oder nicht. Sind die Verkehrsteilnehmer sich des Risikos voll bewusst, so können die Kosten als vollständig internalisiert angenommen werden; sind sie es nicht, dann kann man die Unfallkosten als extern einstufen. Van Essen et al. (2011) und Becker et al. (2012) gehen bei ihren Berechnungen von einem Externalitätsgrad der Unfallkosten von 100% aus; implizit also davon, dass

sich die Verkehrsteilnehmer des Unfallrisikos nicht bewusst sind (Becker et al. 2012: 15; van Essen et al. 2011: 20). Becker et al. berechnen so für das Jahr 2008 externe Unfallkosten des Straßenverkehrs in Höhe von 38,4 Mrd. Euro (Becker et al. 2012: 34). Dahingegen nimmt Thomas Puls (2013: 12) in seinen Berechnungen an, dass 2/3 der humanen Unfallkosten bereits internalisiert sind. Im Sinne einer vorsichtigen Schätzung der externen Kosten wird hier prinzipiell dem Ansatz von Puls (2013) gefolgt. Allerdings liegen bei diesem keine verkehrsmittelspezifischen Angaben wie in der Studie von van Essen et al. (2011) vor. Hilfsweise werden deswegen die verkehrsmittelspezifischen Kostensätze für Unfälle aus van Essen et al. (2011: 10) verwendet, diese jedoch mit einem Drittel multipliziert, um so den Ansatz von Puls (2013) nachzubilden. In den Unfallkosten enthalten sind die durch die Verkehrsunfälle verursachten medizinischen Kosten, Produktionsausfälle und der Verlust von Lebensjahren (van Essen et al. 2011: 20). Nicht enthalten sind hingegen die Schäden an den Fahrzeugen, da diese bereits über die Versicherungsprämien internalisiert sind (van Essen et al. 2011: 29). Dem PKW-Bereich wird die Kategorie „passenger cars“ zugeordnet, dem Flugverkehr die Kategorie „Aviation“. Allen Schienenverkehrsmittel wurde der externe Unfallkostensatz von „Passenger Transport, Rail“ und den Linien- und Reisebussen die Variable „Road, Buses & coaches“ zugeordnet. Die Kostensätze wurden schließlich mittels des VPI preisbereinigt. Dabei ist noch darauf hinzuweisen, dass sich um Durchschnittswerte der Europäischen Union (EU-27) handelt. Spezifische Werte für Deutschland lagen in verkehrsmittelspezifischer Aufteilung nicht vor. Wie schon bei den Berechnungen der Verbräuche und Emissionen wird auch hier weiterhin angenommen, dass der gesamte MIV mit durchschnittlichen PKW, aufgeteilt in Benzin und Diesel, zurückgelegt wurde.<sup>107</sup>

Die verwendeten verkehrsmittelspezifischen Kostensätze sind in Tab. 79 für das Jahr 2008 und in Tab. 80 für das Jahr 2013 dargestellt. Dabei unterschieden sich die Kostensätze der Jahre 2008 und 2013 allein aufgrund der Preisnormierung, sind ansonsten jedoch identisch. Am höchsten sind die externen Kosten pro Pkm im Jahr 2013 beim Flugzeug mit 5,91 Ct/Pkm, gefolgt vom MIV Benzin mit 4,49 Ct/Pkm und MIV Diesel mit 4,29 Ct/Pkm. Am niedrigsten sind die externen Kostensätze bei der Position „Fernzug/Bahn“ mit 0,97 Ct/Pkm.

<sup>107</sup> Ausführlicher begründet wird dieses Vorgehen in Kapitel 9.3.1.1.

Tab. 79: Verkehrsmittelspezifische externe Kostensätze im Jahr 2008 (Ct/Pkm)

Schadstoff	MIV Benzin	MIV Diesel	S-Bahn, Nahver- kehrs- zug	U-Bahn, Straßen- bahn	Linien- bus, Stadt- bus	Reise- bus	Fern- zug / Bahn	Flug- zeug
SO <sub>2</sub>	0,75	0,51	0,19	0,14	0,23	0,25	0,11	0,64
NO <sub>x</sub>	0,35	0,56	0,73	0,70	0,77	0,79	0,09	0,94
PM <sub>10</sub>								0,03
Abrieb, innerorts: PM <sub>10</sub>	0,02	0,02			0,06	0,01		
Abrieb, außerorts: PM <sub>10</sub>	0,01	0,01			0,01	0,01		
PM <sub>2,5</sub>	0,14	0,11	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	
Auspuff, innerorts: PM <sub>2,5</sub>	0,02	0,14			0,31	0,09		
Auspuff, außerorts: PM <sub>2,5</sub>	0,01	0,08			0,04	0,10		
NMVOC	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
NH <sub>3</sub>	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe Luftschadstoffe	1,40	1,47	1,00	0,88	1,47	1,33	0,24	1,62
CO <sub>2e</sub>	1,23	0,97	0,81	0,72	0,56	0,62	0,58	2,50
Lärm	0,48	0,48	0,12	0,07	0,29	0,32	0,07	1,36
Unfälle	1,08	1,08	0,02	0,02	0,41	0,41	0,02	0,02
Summe gesamt	4,19	4,00	1,95	1,69	2,73	2,68	0,91	5,51

Quellen: Schwermer et al. 2014; van Essen et al. 2011; eigene Berechnung

Tab. 80: Verkehrsmittelspezifische Kostensätze im Jahr 2013 (Ct/Pkm)

Schadstoff	MIV Benzin	MIV Diesel	S-Bahn, Nahver- kehrs- zug	U-Bahn, Straßen- bahn	Linien- bus, Stadt- bus	Reise- bus	Fern- zug / Bahn	Flug- zeug
SO <sub>2</sub>	0,80	0,55	0,20	0,15	0,24	0,27	0,12	0,68
NO <sub>x</sub>	0,37	0,60	0,79	0,75	0,82	0,85	0,09	1,01
PM <sub>10</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Abrieb, innerorts: PM <sub>10</sub>	0,02	0,02			0,06	0,01		
Abrieb, außerorts: PM <sub>10</sub>	0,01	0,01			0,01	0,01		
PM <sub>2,5</sub>	0,15	0,12	0,07	0,04	0,05	0,06	0,04	0,00
Auspuff, innerorts: PM <sub>2,5</sub>	0,02	0,15			0,33	0,09		
Auspuff, außerorts: PM <sub>2,5</sub>	0,01	0,09			0,04	0,11		
NMVOC	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
NH <sub>3</sub>	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe Luftschadstoffe	1,50	1,58	1,07	0,94	1,58	1,42	0,26	1,74
CO <sub>2e</sub>	1,31	1,03	0,87	0,77	0,60	0,66	0,62	2,69
Lärm	0,52	0,52	0,13	0,08	0,31	0,34	0,08	1,46
Unfälle	1,15	1,15	0,02	0,02	0,44	0,44	0,02	0,02
Summe	4,49	4,29	2,09	1,81	2,92	2,87	0,97	5,91

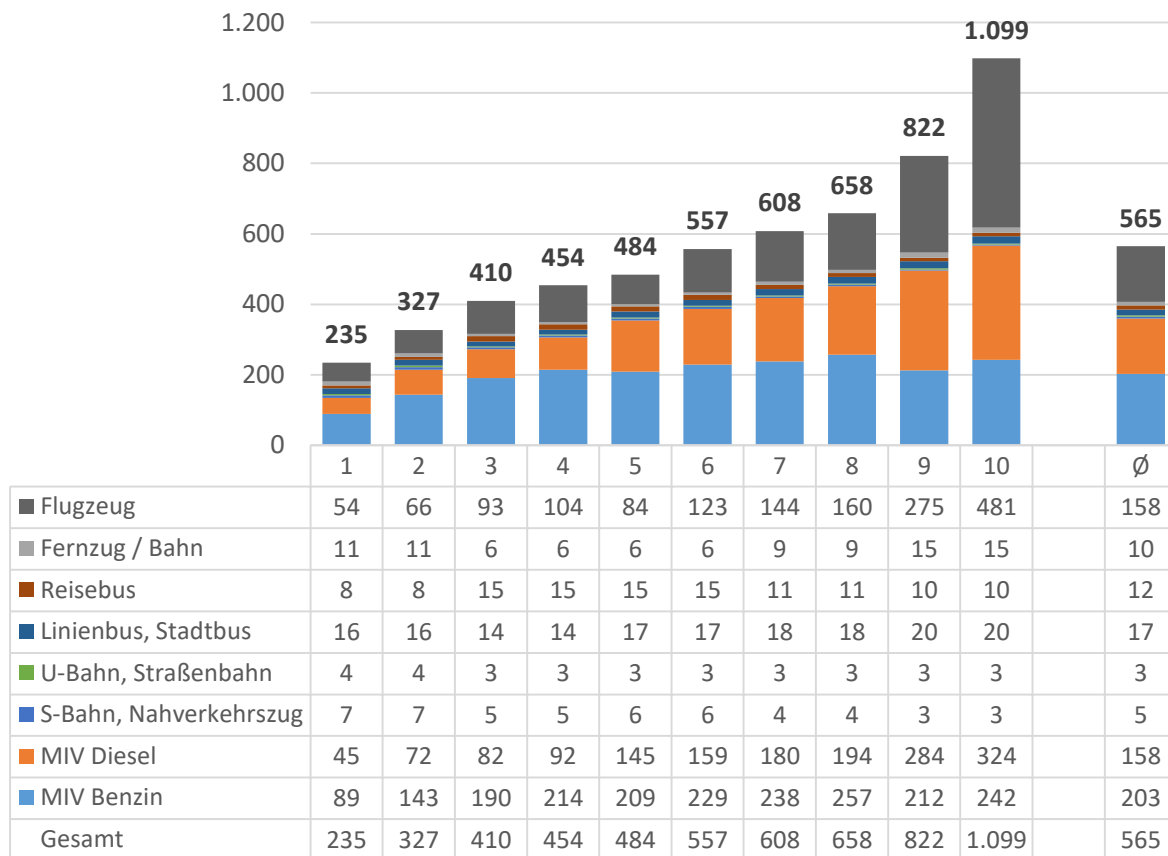
Quellen: Schwermer et al. 2014; van Essen et al. 2011; eigene Berechnung



### 9.7.2 Ergebnisse

Die Auswertungen der externen Kosten für das Jahr 2008 ergeben einen durchschnittlichen Wert von 565 €/P/a (siehe Schaubild 99). Dabei steigt der Betrag streng monoton von 235 €/P/a im ersten Dezil auf 1.099 €/P/a im zehnten Dezil an. Damit beträgt er im zehnten Dezil das 4,7-fache des ersten Dezils.

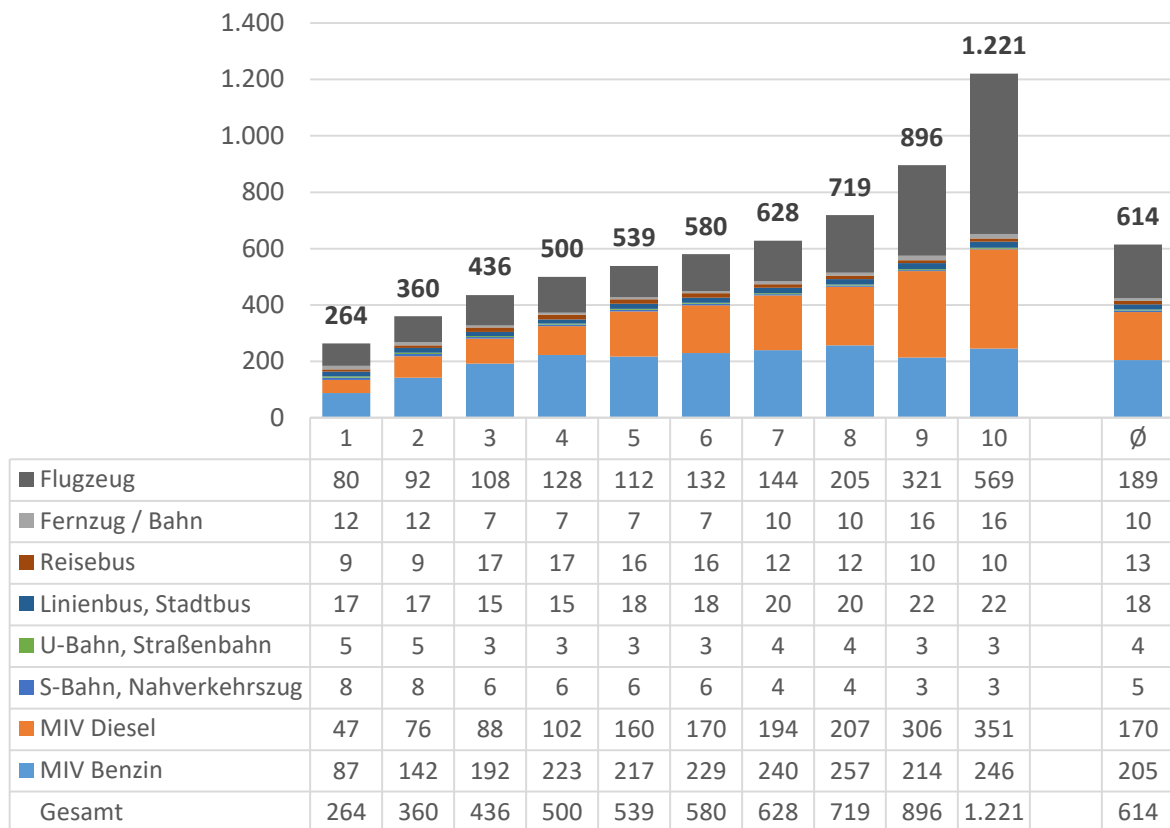
**Schaubild 99: Externe Kosten nach Verkehrsmitteln im Jahr 2008 (€/P/a)**



*Quellen: FDZ 2010; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; van Essen et al. 2011; eigene Berechnung*

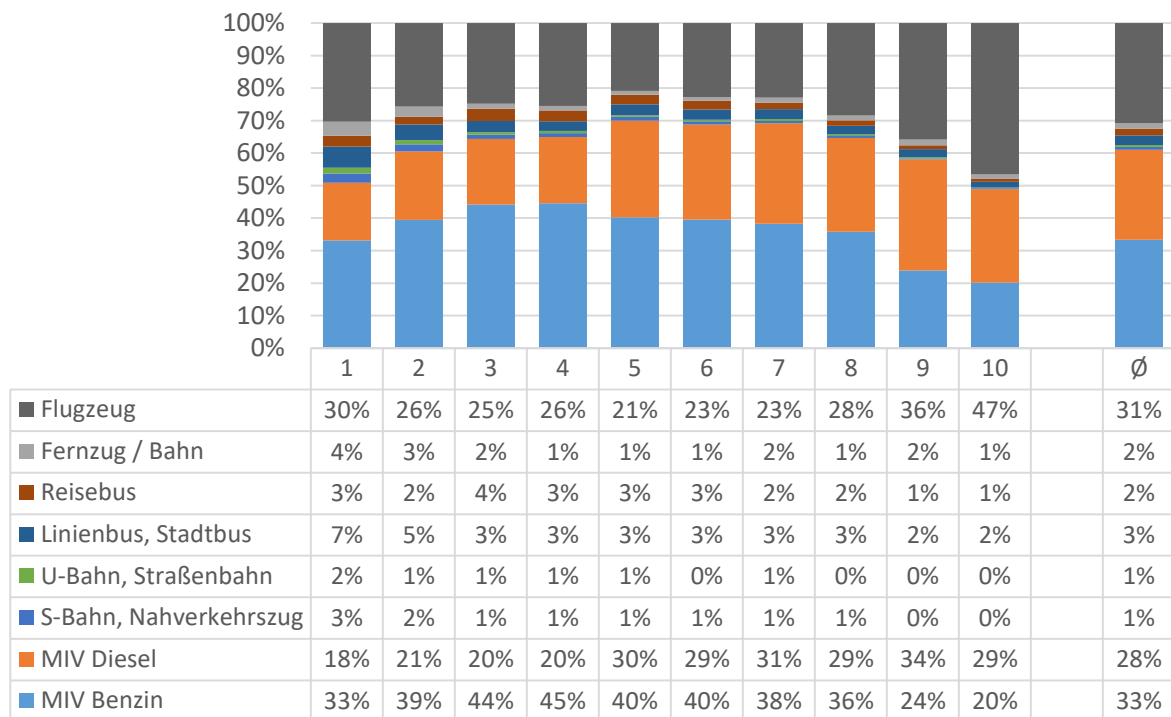
Im Jahr 2013 liegen die durchschnittlichen externen Kosten mit 614 €/P/a um 9% über denen des Jahres 2008 (siehe Schaubild 100).<sup>108</sup> Der streng monoton steigende Verlauf über die Dezile bleibt bestehen: Die externen Kosten steigen von 205 €/P/a im ersten Dezil auf 1.221 €/P/a im zehnten Dezil. Das Verhältnis zwischen zehntem und erstem Dezil fällt mit 4,6 geringfügig niedriger aus als im Jahr 2008. Hauptverantwortlich dafür ist, dass die externen Kosten des Flugverkehrs im ersten Dezil (+47%) prozentual stärker gestiegen sind als im zehnten Dezil (+18%).

<sup>108</sup> Zu beachten ist jedoch, dass es sich um jeweilige Preise handelt. Bereinigt man um die Preissteigerung von 7,2 Prozent (gemessen mit dem VPI), so bleiben die externen Kosten preisbereinigt etwa konstant.

**Schaubild 100: Externe Kosten nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 (€/P/a)**

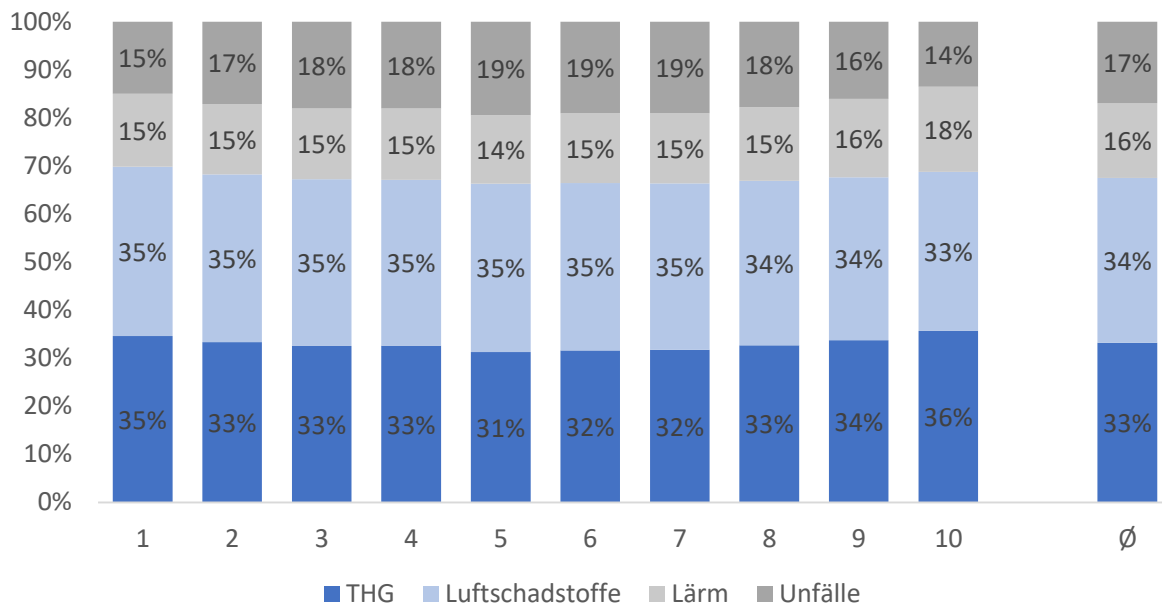
*Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; van Essen et al. 2011; eigene Berechnung*

Wie schon bei den Personenkilometern und Emissionen macht auch bei den externen Kosten der MIV den größten Teil aus (siehe Schaubild 101). Sein Anteil beträgt durchschnittlich 61%; maximal liegt er bei 70% im fünften Dezil und minimal bei 49% im zehnten Dezil. In allen Dezilen folgt auf dem zweiten Platz der Flugverkehr, wobei sein Anteil im zehnten Dezil mit 47% fast genauso hoch ist wie der Anteil des MIV. Am kleinsten ist der Anteil des Flugverkehrs an den externen Kosten im fünften Dezil mit 21%. Alle restlichen Verkehrsmittel zusammen sind im ersten Dezil für 19% der externen Kosten, was den maximalen Wert darstellt. Danach fällt der Anteil streng monoton auf 4% im zehnten Dezil ab.

**Schaubild 101: Externe Kosten nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 (% an externen Kosten)**

Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; van Essen et al. 2011; eigene Berechnung

In Schaubild 102 sind die Anteile der berücksichtigten externen Kostenarten abgebildet. Wie dort zu sehen ist, sind THG für durchschnittlich 33%, Luftschadstoffe für 34%, Lärm für 16% und Unfälle für 17% der externen Kosten verantwortlich. Dabei gibt es geringe Schwankungen zwischen den Dezilen, die auf die unterschiedlichen Modal-Splits zurückzuführen sind. So ist beispielsweise der Anteil des Flugverkehrs im zehnten Dezil am höchsten und im fünften Dezil am niedrigsten. Das führt maßgeblich dazu, dass der Anteil der externen Kosten durch THG im zehnten Dezil mit 36% seinen Maximalwert und mit 31% im fünften Dezil seinen Minimalwert erreicht. In tabellarischer Form sind die tiefer gegliederten Ergebnisse der Auswertungen der externen Kosten in Tab. 184 und Tab. 185 aufgeführt.

**Schaubild 102: Externe Kosten nach Kostenarten im Jahr 2013 (% an externen Kosten)**

Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; van Essen et al. 2011; eigene Berechnung

## 9.8 Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung (Schritt 8)

### 9.8.1 Vorbemerkungen

Um die Analysen in diesem Bereich überschaubar zu halten, werden in diesem Kapitel allein die bestehenden Internalisierungsmaßnahmen und Subventionen der Verkehrsträger MIV (Benzin/Diesel) und Flugzeug betrachtet. Alle dem öffentlichen Personenverkehr (ÖPV) zuzuordnenden Verkehrsmittel werden hingegen nicht mehr berücksichtigt. Dieser Schritt wird neben der Arbeitersparnis damit gerechtfertigt, dass der MIV und das Flugzeug für den größten Anteil der Emissionen und externen Kosten verantwortlich sind (siehe Schaubild 101). Außerdem sind auch nur für diese Verkehrsmittel weitergehende Analysen bezüglich der Wirkungen einer Internalisierung möglich, da allein für den MIV und den Flugverkehr ausreichend spezifische Ausgabenklassen in der EVS vorliegen.<sup>109</sup> Wie schon bei den Berechnungen Verbräuche, Emissionen und externen Kosten wird auch hier weiterhin angenommen, dass der gesamte MIV mit durchschnittlichen PKW, aufgeteilt in Benzin und Diesel, zurückgelegt wurde.<sup>110</sup>

<sup>109</sup> Für eine umfangreiche, verkehrsmittelspezifische Subventionsrechnung für die Jahre 2004 und 2008 sei beispielsweise auf Schreyer et al. 2010 verwiesen

<sup>110</sup> Ausführlicher begründet wird dieses Vorgehen in Kapitel 9.3.1.1.

## 9.8.2 Bestehende Internalisierung

### 9.8.2.1 Energiesteuergesetz

Das Energiesteuergesetz (EnergieStG) wurde – wie bereits in Kapitel 8.8.1.1 ausgeführt – am 15. Juli 2006 im Zuge der Energiesteuerrichtlinie der Europäischen Union eingeführt, die eine Harmonisierung der Mindestbesteuerung für elektrischen Strom und Energieerzeugnisse aus anderen Energiequellen als Mineralöl forderte (Deutscher Bundestag 10.03.2017). Es löste das Mineralölsteuergesetz (MinöStG) ab.

Für kohlenstoffbasierte Energieträger werden im EnergieStG unterschiedlich hohe Steuertarife festgelegt. Diese sind in §2 Steuertarif aufgeführt. Die in Liter vorliegenden Angaben zum Steuertarif von Benzin (654,5 Euro/1.000 l) und Diesel (470,4 Euro/1.000 l) wurden zur Umrechnung in Ct/Pkm zunächst mit dem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch multipliziert. Um konsistent mit den Berechnungen der externen Kostensätze zu sein, werden auch hier die Werte der Methodenkonvention 2.0 verwendet, also konstante Durchschnittsverbräuche von 5,95 l/100km für Diesel und 7,65 l/100km für Benzin angenommen (Schwermer et al. 2014: Tabelle B9). Anschließend wurden sie durch den durchschnittlichen Besetzungsgrad (Schwermer et al. 2014: Tabelle B15) geteilt, der ebenfalls als konstant angenommen wird. Dargestellt ist die Internalisierungswirkung der Energiesteuer in Tab. 81. Die Internalisierung liegt bei Benzin mit 3,41 Ct/Pkm um 79% höher als bei Diesel (1,90 Ct/Pkm), was an dem höheren Energiesteuersatz (+39%) und dem niedrigeren Kraftstoffverbrauch von Dieselmotoren (-22%) liegt. Flugtreibstoff (Kerosin) unterliegt in Deutschland keiner Energiebesteuerung.

**Tab. 81: Internalisierungswirkung der Energiesteuer im Mobilitätsbereich**

Variable	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Steuersatz Diesel	Ct/l	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04
Ø Verbrauch PKW Diesel	l/100km	5,95	5,95	5,95	5,95	5,95	5,95	5,95	5,95
Ø Besetzungsgrad PKW	P/Fz	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
<b>MIV Diesel Energiesteuer</b>	<b>Ct/Pkm</b>	<b>1,90</b>	<b>1,90</b>	<b>1,90</b>	<b>1,90</b>	<b>1,90</b>	<b>1,90</b>	<b>1,90</b>	<b>1,90</b>
Steuersatz Benzin	Ct/l	65,45	65,45	65,45	65,45	65,45	65,45	65,45	65,45
Ø Verbrauch PKW Benzin	l/100km	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65
Ø Besetzungsgrad PKW	P/Fz	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
<b>MIV Benzin Energiesteuer</b>	<b>Ct/Pkm</b>	<b>3,41</b>	<b>3,41</b>	<b>3,41</b>	<b>3,41</b>	<b>3,41</b>	<b>3,41</b>	<b>3,41</b>	<b>3,41</b>

Quellen: Deutscher Bundestag 10.03.2017; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

### 9.8.2.2 Kraftfahrzeugsteuer

Um die Internalisierungswirkung der KFZ-Steuer zu berechnen sind mehrere Berechnungsschritte notwendig. Den Ausgangspunkt der Berechnungen bildet das jährliche Steueraufkommen der KFZ-Steuer. Außerdem sind Daten zur Fahrleistung des Kraftfahrzeugverkehrs in Deutschland notwendig. Als Quelle dient für beide Variablen die Veröffentlichung „Verkehr in Zahlen 2016/17“ (DIW Berlin

2016: 153, 300). Das Steueraufkommen wird durch die Gesamtfahrleistung der KFZ geteilt, um so die durchschnittliche Internalisierung der KFZ-Steuer pro Fahrzeugkilometer zu berechnen. Um Werte pro Personenkilometer zu erhalten, werden diese Werte noch durch den durchschnittlichen Belegungsgrad geteilt (siehe Tab. 82).

**Tab. 82: Durchschnittliche Internalisierungswirkung der KFZ-Steuer**

Variable	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
KFZ-Steuer-Aufkommen	<i>Mrd. €</i>	8,84	8,20	8,49	8,42	8,44	8,49	8,50	8,81
Gesamtfahrleistung KFZ	<i>Mrd. Fzkm</i>	690	699	705	718	719	726	741	752
KFZ-Steuer Internalisierung	<i>Ct/Fzkm</i>	1,28	1,17	1,20	1,17	1,17	1,17	1,15	1,17
Ø Besetzungsgrad PKW	<i>P/Fz</i>	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
<b>MIV KFZ-Steuer</b>	<b><i>Ct/Pkm</i></b>	<b>0,87</b>	<b>0,80</b>	<b>0,82</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	<b>0,78</b>	<b>0,80</b>

*Quellen: DIW Berlin 2016; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung*

Allerdings muss im letzten Schritt noch eine Unterscheidung zwischen Diesel und Benzin vorgenommen werden, da sich die Steuersätze zwischen Benzinern und Dieselfahrzeugen recht deutlich unterscheiden. Die genauen Berechnungsformeln sind im Kraftfahrzeugsteuergesetz festgehalten (Deutscher Bundestag 10.07.2017). Da der Steuersatz jedoch von mehreren Variablen (Hubraum, Emissionsklasse, Zeitpunkt der Erstzulassung, CO<sub>2</sub>-Ausstoß) abhängig ist, deren exakte Berücksichtigung sehr komplex wäre, kann im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur eine grobe Schätzung des Unterschiedes zwischen Benzin und Diesel vorgenommen werden. Diese Schätzung beruht auf der Berechnung der KFZ-Steuer zweier als durchschnittlich eingeschätzter PKW, bei denen abgesehen von der Spezifikation „Diesel“ oder „Benzin“ alle anderen relevanten Werte identisch sind. Als Berechnungstool der KFZ-Steuer wurde dabei der KFZ-Steuerrechner des BMF genutzt (BMF 2017a). Die genauen Spezifikationen und Ergebnisse sind Tab. 83 aufgelistet.

Tab. 83: Vergleich der KFZ-Steuer Benzin/Diesel

Fahrzeugart:	
PKW EZ ab 01.01.2014	
Hubraum:	
1.600 ccm	1.600 ccm
CO <sub>2</sub> -Wert:	
150 g/km	150 g/km
Antriebsart:	
Diesel	Benziner/Wankel
KFZ-Steuer in €/a:	
262	142
Mittelwert KFZ-Steuer in €/a:	
202	
KFZ-Steuer im Verhältnis zum Mittelwert in €/a:	
130%	70%

Quellen: BMF 2017a; eigene Berechnung

Es zeigt sich, dass die KFZ-Steuer für das Dieselfahrzeug (262 €/a) um 85% über der des Benziners (142 €/a) liegt. Bezogen auf den Mittelwert aus Benziner und Diesel, liegt der Benziner um 30% unter und der Diesel um 30% über dem Mittelwert. Diese Unterschiede zum Mittelwert werden eingesetzt, um die Internalisierung durch die KFZ-Steuer für Dieselfahrzeuge und Benziner auf Basis der zuvor berechneten durchschnittlichen Internalisierung durch die KFZ-Steuer zu schätzen. Dazu werden die KFZ-Steuerverhältnisse zum Mittelwert mit denen der durchschnittlichen MIV-Internalisierung der KFZ-Steuer multipliziert. Die Ergebnisse sind in Tab. 84 dargestellt. Die verwendete Methode zur Schätzung der Unterschiede zwischen Diesel und Benzinfahrzeugen kann dabei nur als ungefähre Schätzung angesehen werden, bildet die Realität jedoch höchstwahrscheinlich besser ab, als wenn keine Unterscheidung vorgenommen worden wäre.<sup>111</sup>

Tab. 84: Internalisierungswirkung der KFZ-Steuer für Diesel und Benziner

KFZ-Steuer	Internalisierung in Cent/Pkm							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
MIV KFZ-Steuer	0,87	0,80	0,82	0,80	0,80	0,80	0,78	0,80
MIV Diesel KFZ-Steuer	1,13	1,03	1,06	1,04	1,04	1,03	1,01	1,03
MIV Benzin KFZ-Steuer	0,61	0,56	0,58	0,56	0,56	0,56	0,55	0,56

Quellen: DIW Berlin 2016; Schwermer et al. 2014; BMF 2017a; eigene Berechnung

<sup>111</sup> Nicht berücksichtigt wird dabei unter anderem auch, dass das Kraftfahrzeuggesetz im Jahr 2009 geändert wurde und im Zuge dessen auch die Steuersätze Änderungen unterworfen waren. Im Sinne insgesamt als Schätzung anzusehenden Aufteilung wurde aber auf eine gesonderte Berechnung für das Jahr 2008 verzichtet.

### 9.8.2.3 Luftverkehrssteuer

Die Luftverkehrssteuer ist eine seit dem 1. Januar 2011 beim Abflug eines Fluggastes von einem inländischen Startort in Deutschland erhobene Steuer. Beschlossen wurde das Luftverkehrsteuergesetz (LuftVStG) am 9. Dezember 2010. Festgelegt sind die Steuersätze in §11 Steuersatz (Deutscher Bundestag 18.07.2016). Für die Berechnung der Internalisierung pro Personenkilometer werden diese Sätze jedoch nicht eingesetzt. Stattdessen wird das Gesamtaufkommen der Steuer durch die Verkehrsleistung des in Deutschland startenden Flugverkehrs geteilt. Als Datenquelle für das Gesamtaufkommen der Luftverkehrssteuer werden Daten des Bundesministeriums der Finanzen (BMF) verwendet (BMF 2011; BMF 2015b; BMF 2017b). Für die Verkehrsleistung des Flugverkehrs werden Daten des Statistischen Bundesamts verwendet (Statistisches Bundesamt 2014c; Statistisches Bundesamt 2015b; Statistisches Bundesamt 2016c; Statistisches Bundesamt 2017e). Die Internalisierung durch die Luftverkehrssteuer liegt von 2011 bis 2015 bei 0,45 bis 0,47 Cent/Pkm. Dargestellt sind diese und die zugrunde liegenden Daten in Tab. 85.

**Tab. 85: Internalisierung durch Luftverkehrsabgabe**

Variable	Einheit	2011	2012	2013	2014	2015
Luftverkehrsteueraufkommen	Mio. Euro	905	948	978	990	1.023
Flugverkehrsleistung Inland	Mio. Pkm	10.742	10.374	9.959	10.047	10.155
Flugverkehrsleistung Ausland	Mio. Pkm	189.782	195.066	196.870	202.178	210.067
Flugverkehrsleistung Gesamt	Mio. Pkm	200.525	205.440	206.829	212.225	220.221
<b>Flugzeug Luftverkehrssteuer</b>	<b>Ct/Pkm</b>	<b>0,45</b>	<b>0,46</b>	<b>0,47</b>	<b>0,47</b>	<b>0,46</b>

*Quellen: BMF 2011; BMF 2015b; BMF 2017b; Statistisches Bundesamt 2014c; Statistisches Bundesamt 2015b; Statistisches Bundesamt 2016c; Statistisches Bundesamt 2017e; eigene Berechnung*

### 9.8.2.4 Emissionshandel ETS

Im Rahmen der Haushaltsstromberechnungen wurden der ETS und die Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreises bereits in Kapitel 7.8.1.3 vorgestellt. Hier wird deswegen allein auf die Relevanz für den Mobilitätsbereich eingegangen.

Im Bereich Mobilität unterliegt allein der Flugverkehr seit dem Jahr 2012 dem ETS, und dieser auch nur teilweise. So wurden von 2013 bis 2016 nur innereuropäische Flüge –also solche die sowohl in der EU starten als auch landen – einbezogen. Für die Berechnung der Internalisierungswirkung des Emissionshandels pro Personenkilometer Flug muss in Ermangelung genau passender Daten eine Schätzung vorgenommen werden. Diese beruht auf den emissionshandelspflichtigen Emissionen des Luftverkehrs, der in Deutschland verwaltet wird (DEHSt 2016b: 81). Diese Daten stimmen zwar aller Voraussicht nach nicht mit den den Inländern zuzuordnenden THG-Emissionen überein, stellen aber die besten zur Verfügung stehenden Daten dar. Die in Deutschland verwalteten emissionshandelspflichtigen Emissionen des Luftverkehrs werden dann mit dem durchschnittlichen Zertifikatspreis pro Tonne CO<sub>2</sub> multipliziert



und dann durch die Verkehrsleistung des Flugverkehrs (Statistisches Bundesamt 2014c) geteilt, um so die geschätzte durchschnittliche Internalisierungswirkung des Emissionshandels pro Personenflugkilometer zu erhalten. Wie in Tab. 86 zu sehen ist, ist die Internalisierungswirkung äußerst gering mit maximal 0,06 Ct/Pkm im Jahr 2012. Im Jahr 2013 beträgt sie gerade einmal 0,02 Ct/Pkm. Zwar kann eine gewisse Ungenauigkeit wegen des verwendeten Schätzverfahrens nicht ausgeschlossen werden, ein Fehler in höherer Größenordnung ist jedoch unwahrscheinlich. Dafür sprechen auch Szenariorechnungen von Bruyckere und Abbasov (2016), die für einen Flug von London nach Frankfurt eine Belastung von 26 Cent pro Passagier durch den ETS für das Jahr 2015 berechnen (Bruyckere und Abbasov 2016: 29). Geht man von einer Flugstrecke von 650 Kilometern zwischen London und Frankfurt aus, dann entspricht das einer Belastung von 0,04 Ct/Pkm. Ein Wert, der von der Größenordnung mit der eigenen berechneten Schätzung von 0,02 Ct/Pkm übereinstimmt. Berücksichtigt man ferner, dass nur innereuropäische Flüge in den ETS einbezogen sind, so scheint die eigene Schätzung von 0,02 Ct/kWh für alle Flüge eher eine Über- als Unterschätzung der bestehenden Internalisierungswirkung darzustellen. Auf jeden Fall scheint die Größenordnung und damit die geringe Relevanz des Emissionshandels bezüglich der Internalisierungswirkung plausibel zu sein.

**Tab. 86: Internalisierungswirkung des Emissionshandels ETS im Mobilitätsbereich**

Variable	Einheit	2012	2013	2014	2015
Emissionen von in Deutschland verwalteten Luftfahrzeugbetreibern	Mio. t CO <sub>2</sub>	15,7	8,6	8,9	8,9
ETS-Zertifikatspreis CO <sub>2</sub>	€/t CO <sub>2</sub>	7,5	4,3	5,9	7,6
Internalisierungswirkung Emissionshandel gesamt	Mio. €	117	37	53	68
Flugverkehrsleistung Gesamt	Mio. Pkm	205.440	206.829	212.225	220.221
<b>Flugzeug Emissionshandel ETS</b>	<b>Ct/Pkm</b>	<b>0,06</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>

*Quellen: DEHSt 2014a; DEHSt 2014b; DEHSt 2015; DEHSt 2016a; DEHSt 2016b; Statistisches Bundesamt 2014c; Statistisches Bundesamt 2015b; Statistisches Bundesamt 2016c; Statistisches Bundesamt 2017e; eigene Berechnung*

#### **9.8.2.5 Zusammenfassung**

Die bereits bestehende Internalisierung im Mobilitätsbereich ist bei MIV Diesel von 2008 von 3,03 Ct/Pkm auf 2,94 Ct/Pkm und bei MIV Benzin von 4,02 Ct/Pkm auf 3,97 Ct/Pkm leicht zurückgegangen. Dabei liegt die Internalisierung für Benziner um rund 1 Ct/Pkm oder 35% höher als für Dieselfahrzeuge. Der Luftverkehr wird seit dem Jahr 2011 mit etwa einem halben Cent pro Personenkilometer belastet.

Tab. 87: Übersicht über Internalisierungsmaßnahmen (Ct/Pkm)

Internalisierungsmaßnahmen	Internalisierung							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
MIV Diesel Energiesteuer	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
MIV Diesel KFZ Steuer	1,13	1,03	1,06	1,04	1,04	1,03	1,01	1,03
<b>MIV Diesel Summe</b>	<b>3,03</b>	<b>2,94</b>	<b>2,97</b>	<b>2,94</b>	<b>2,94</b>	<b>2,94</b>	<b>2,92</b>	<b>2,94</b>
MIV Benzin Energiesteuer	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41
MIV Benzin KFZ Steuer	0,61	0,56	0,58	0,56	0,56	0,56	0,55	0,56
<b>MIV Benzin Summe</b>	<b>4,02</b>	<b>3,97</b>	<b>3,98</b>	<b>3,97</b>	<b>3,97</b>	<b>3,97</b>	<b>3,96</b>	<b>3,97</b>
Flugzeug Luftverkehrssteuer	-	-	-	0,45	0,46	0,47	0,47	0,46
Flugzeug Emissionshandel ETS	-	-	-	-	0,06	0,02	0,02	0,03
<b>Flugzeug Summe</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,45</b>	<b>0,52</b>	<b>0,49</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>

Quellen: Deutscher Bundestag 10.03.2017; Schwermer et al. 2014; DIW Berlin 2016; Schwermer et al. 2014; BMF 2017a; BMF 2011; BMF 2015b; BMF 2017b; Statistisches Bundesamt 2014c; Statistisches Bundesamt 2015b; Statistisches Bundesamt 2016c; Statistisches Bundesamt 2017e; DEHSt 2014a; DEHSt 2014b; DEHSt 2015; DEHSt 2016a; DEHSt 2016b; eigene Berechnung

### 9.8.3 Bestehende Subventionen

#### 9.8.3.1 Infrastrukturkosten

Die Bereitstellung der Straßeninfrastruktur ist mit enormen Kosten verbunden. Da die teilweise für die Finanzierung dieser Ausgaben gedachten Steuern (Energiesteuer, KFZ-Steuer) auf der Internalisierungsseite berücksichtigt werden, müssen die Kosten zur Bereitstellung der Straßeninfrastruktur auf Seiten der Subventionen ebenfalls berücksichtigt werden. Berechnet werden die Infrastrukturkosten über die Ermittlung der sogenannten Wegekosten. Diese wurden in verschiedenen Studien mittels teilweise unterschiedlicher Methoden errechnet. Hier werden zwei Quellen verwendet. Für die Wegekosten der Bundesautobahnen und Bundesstraßen werden Berechnungen von Rommerskirchen et al. (2007) verwendet. Sie werden dort für „PKW und Kombi“ unter anderem für die Jahre 2008 (Rommerskirchen et al. 2007: 119) und 2012 (Rommerskirchen et al. 2007: 121) berechnet. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass es sich hierbei nur um Schätzungen beziehungsweise Prognosen handelt, die auf tatsächlichen Berechnungen des Jahres 2005 beruhen (Rommerskirchen et al. 2007: 32). Da keine Werte für das Jahr 2013 vorliegen, wird im Sinne einer vorsichtigen Rechnung angenommen, dass diese dem Wert des Jahres 2012 entsprechen. Für die „übrigen Straßen“ wird ein für das Jahr 2007 berechneter Betrag für Personenkraftwagen aus einer DIW-Studie von Link et al. (2009) verwendet. Im Sinne einer vorsichtigen Schätzung wird der Wert des Jahres 2007 in Höhe von 11,19 Mrd. € (Link et al. 2009: 11) unverändert für die Jahre 2008 und 2013 übernommen. Aggregiert ergeben sich so Wegekosten für MIV von 22,2 Mrd. € im Jahr 2008 und von 23,8 Mrd. € im Jahr 2013. Diese Werte werden zunächst durch die Gesamtfahrleistung der „PKW und Kombi“ (DIW Berlin 2016: 308) und im Anschluss durch den durchschnittlichen Besetzungsgrad (Schwermer et al. 2014: Tabelle B15) geteilt.

Tab. 88: Subventionswirkung der Infrastrukturkosten/Wegekosten

Variable	Einheit	2007	2008	2012	2013
Wegekosten Bundesautobahn	Mrd. €		5,31	6,11	6,11*
Wegekosten Bundesstraßen	Mrd. €		5,71	6,48	6,48*
Wegekosten Übrige Straßen	Mrd. €	11,19	11,19*		11,19*
Gesamte Wegekosten	Mrd. €		22,2		23,8
Gesamtfahrleistung PKW und Kombi	Mrd. Fzkm		585		601
Wegekosten pro Fzkm	Ct/Fzkm		3,80		3,96
Besetzungsgrad MIV	P/Fz		1,47		1,47
<b>MIV Wegekosten</b>	<b>Ct/Pkm</b>		<b>2,58</b>		<b>2,69</b>

\* aus anderem Jahr (2007;2012) übernommene Werte

Quellen: DIW Berlin 2016; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung

Nicht berücksichtigt werden in dieser Untersuchung sogenannte „versteckte Kosten“ des MIV. Dies umfasst zum Beispiel Kosten, die durch den Unterhalt und Bau von Parkplätzen sowie durch die Straßenreinigung, Straßenbeleuchtung und Straßenentwässerung entstehen. Diese „versteckten Kosten“ genau zu beziffern ist schwierig. Eine Studie des Städtetzwerks „ICLEI – Local Governments for Sustainability“ hat für 12 deutsche Städte die kommunalen Haushalte bezüglich der Ausgaben und Einnahmen für und durch den städtischen MIV analysiert (Erdmenger und Führ 2005). Sie kommt zu dem Ergebnis, dass im Durchschnitt dieser zwölf Städte ungedeckte Kosten des MIV in Höhe von 145,5 € pro Einwohner anfallen (Erdmenger und Führ 2005: 3). Da in diesen Kostenrechnungen jedoch auch Ausgaben für den Straßenbau enthalten sind – die bereits über den Posten „Übrige Straßen“ bei den Wegekosten abgedeckt sind – und außerdem fraglich ist, inwiefern diese Zahlen repräsentativ für Gesamtdeutschland sind, wird davon abgesehen, die „versteckten“ Kosten hier hinzu zu schätzen. Unter der Annahme, dass die „versteckten“ Kosten etwa die Hälfte der in der Studie ermittelten ungedeckten Kosten darstellen und repräsentativ für Gesamtdeutschland sind, läge der Betrag mit ca. 6 Mrd. € jedoch in einer beträchtlichen Größenordnung. Insofern findet hier also eine Unterschätzung der bestehenden Subventionen im MIV-Bereich statt.

### 9.8.3.2 Entfernungspauschale

Mittels der sogenannten „Entfernungspauschale“ ist es ArbeitnehmerInnen möglich ihren Arbeitsweg im Rahmen der Einkommensteuer steuerlich abzusetzen. Dabei können 30 Ct/km der einfachen Entfernung zwischen Wohn- und Arbeitsort als Werbungskosten geltend gemacht werden. Genaue Auswertungen bezüglich der Höhe der dadurch entstehenden Steuermindereinnahmen gibt es nicht. In der Übersichtsstudie des Umweltbundesamts bezüglich umweltschädlicher Subventionen wird als Schätzwert für das Jahr 2010 ein Betrag von 5 Mrd. € angesetzt (Köder et al. 2014: 37). Dieser auf einer Schätzung des BMF beruhende Betrag wird hier übernommen. Allerdings kann nicht der gesamte Betrag dem MIV zugeordnet werden, da ein Teil der beruflichen Wege auch mit anderen Verkehrsmitteln

zurückgelegt wird. Als Schätzwert für den Anteil des MIV an den beruflichen Wegen wird hier ein Wert von 60% angenommen. Das entspricht der Vorgehensweise von Schreyer et al. (2010: 42) und beruht auf Daten aus „Verkehr in Zahlen“ bezüglich der Fahrtanteile der verschiedenen Verkehrsmittel am Berufsverkehr (DIW Berlin 2016: 226). Damit bleibt für den MIV ein geschätzter Steuerausfall in Höhe von 3 Mrd. € durch die Entfernungspauschale bestehen. Diese Werte werden zunächst durch die Gesamtfahrleistung der „PKW und Kombi“ (DIW Berlin 2016: 308) und im Anschluss durch den durchschnittlichen Besetzungsgrad (Schwermer et al. 2014: Tabelle B15) geteilt. Um Schätzwerte für die Jahre 2008 bis 2013 zu berechnen, werden die Werte des Jahres 2010 mittels des VPI preisbereinigt.

**Tab. 89: Steuerausfall durch Entfernungspauschale**

Variable	Einheit	2008	2010	2013
Steuerausfälle Schätzung BMF	Mrd. €		5	
Anteil MIV an Steuerausfällen	%		60%	
Steuerausfälle Schätzung BMF	Mrd. €		3	
Gesamtfahrleistung PKW und Kombi	Mrd. Fzkm		587	
Steuerausfälle MIV pro Fzkm	Ct/Fzkm		0,51	
Besetzungsgrad MIV	P/Fz		1,47	
<b>MIV Entfernungspauschale</b>	<b>Ct/Pkm</b>	<b>0,34*</b>	<b>0,35</b>	<b>0,37*</b>

*\* aus 2010 übernommene preisbereinigte Werte*

*Quellen: Köder et al. 2014; DIW Berlin 2016; Schwermer et al. 2014; eigene Berechnung*

### 9.8.3.3 Umsatzsteuerbefreiung für internationale Flüge

In Deutschland sind nur inländische Flüge der Umsatzsteuer unterworfen, internationale Flüge sind hingegen von der Umsatzsteuer befreit. Im Sinne des hier verwendeten Subventionsbegriffs ist dies als Subvention einzustufen. Laut der Übersichtsstudie des Umweltbundesamts zu umweltschädlichen Subventionen betrugen die entgangenen Umsatzsteuereinnahmen im Jahr 2010 insgesamt 3,49 Mrd. € (Köder et al. 2014: 39). Dieser Wert wird durch die Verkehrsleistung des in Deutschland startenden Flugverkehrs geteilt.<sup>112</sup> Dafür liegen vom Statistischen Bundesamt jedoch erst Daten ab dem Jahr 2011 vor, weswegen hilfsweise der Wert des Jahres 2011 für das Jahr 2010 verwendet wird. Konkret wird für die Verkehrsleistung des in Deutschland startenden Flugverkehrs der aggregierte Wert der Variablen „Verkehr in das Ausland“ und „Verkehr innerhalb Deutschlands“ aus Tabelle „1.1.3 Verkehrsleistungen nach Hauptverkehrsbeziehungen“ des Jahres 2011 verwendet (Statistisches Bundesamt 2014c;

<sup>112</sup> Da die Umsatzsteuerbefreiung nur für internationale Flüge gilt, dürfte dies streng genommen auch nur die Verkehrsleistung dieser Flüge angesetzt werden. Da aber in der vorliegenden Arbeit nicht zwischen internationalen und inländischen Flügen unterschieden wird, wird stattdessen die Gesamtverkehrsleistung des Flugverkehrs angesetzt. Da der Anteil des inländischen Verkehrs daran allerdings nur etwa 5% beträgt, ist der dadurch entstehende Fehler eher gering und wird im Sinne einer konsistenten Berechnungsweise in Kauf genommen.

Statistisches Bundesamt 2015b; Statistisches Bundesamt 2016c; Statistisches Bundesamt 2017e). Dieser beträgt 201 Mrd. Personenkilometer. Um Schätzwerte für die Jahre 2008 und 2013 zu berechnen, werden die Werte des Jahres 2010 mittels des VPI preisbereinigt.

**Tab. 90: Steuerausfall durch Umsatzsteuerbefreiung internationaler Flüge**

Variable	Einheit	2008	2010	2013
<b>Umsatzsteuerausfall</b>	Mrd. €		3,49	
<b>Gesamtflugleistung (2011)</b>	Mrd. Pkm		201	
<b>Flugzeug Umsatzsteuerausfall</b>	<b>Ct/Pkm</b>	<b>1,72*</b>	<b>1,74</b>	<b>1,84*</b>

*\* aus 2010 übernommene preisbereinigte Werte*

*Quellen: Köder et al. 2014; Statistisches Bundesamt 2014c; Statistisches Bundesamt 2015b; Statistisches Bundesamt 2016c; Statistisches Bundesamt 2017e; eigene Berechnung*

#### 9.8.3.4 Zusammenfassung

Anders als bei den Untersuchungen zuvor, muss bei den Subventionen keine Unterscheidung zwischen Diesel und Benzin gemacht werden, da beide Energieträger in der Betrachtung pro Personenkilometer denselben Subventionen unterworfen sind. Im Jahr 2008 lag deren Höhe bei 2,93 Ct/Pkm. Im Jahr 2013 liegen sie mit 3,06 Ct/Pkm etwas höher. Durch die Umsatzsteuerbefreiung internationaler Flüge werden Flüge durchschnittlich mit 1,72 Ct/Pkm (2008) beziehungsweise 1,84 Ct/Pkm (2013) subventioniert. Der Unterschied zwischen 2008 und 2013 beruht dabei zu einem großen Teil auf der Preisbereinigung mittels des VPI, da oft nur ein einzelner Wert für das Jahr 2010 vorlag.

**Tab. 91: Übersicht über Subventionen im Mobilitätsbereich (Ct/Pkm)**

Subventionstatbestand	2008	2013
MIV (Diesel/Benzin) Kosten Infrastruktur	2,58	2,69
MIV (Diesel/Benzin) Entfernungspauschale	0,34	0,37
<b>MIV (Diesel/Benzin) Summe</b>	<b>2,93</b>	<b>3,06</b>
<b>Flugzeug Umsatzsteuerausfall</b>	<b>1,72</b>	<b>1,84</b>

*Quellen: DIW Berlin 2016; Köder et al. 2014; Schwermer et al. 2014; Statistisches Bundesamt 2014c; Statistisches Bundesamt 2015b; Statistisches Bundesamt 2016c; Statistisches Bundesamt 2017e; eigene Berechnung*

#### 9.8.4 Bestehende Nettointernalisierung

Zieht man die bestehenden Subventionen (siehe Kapitel 9.8.3) von der bestehenden Internalisierung (siehe Kapitel 9.8.2) ab, so erhält man die bestehende Nettointernalisierung. Wie in Tab. 38 zu sehen ist, betrug diese im Jahr 2008 für MIV Diesel 0,11 Ct/Pkm. Beim MIV Benzin lag sie um etwa einen Cent höher bei 1,09 Ct/Pkm. Im Jahr 2013 drehte die Nettointernalisierung für MIV Diesel sogar leicht ins Negative mit -0,12 Ct/Pkm, während sie bei MIV Benzin ebenfalls etwas niedriger, aber mit 0,91 Ct/Pkm noch im positiven Bereich lag. Bei Flugzeugen lag die bestehende Nettointernalisierung sowohl im Jahr 2008 als auch im Jahr 2013 im negativen Bereich. Allerdings lag sie mit -1,35 Ct/Pkm im Jahr

2013 durch die Einführung der Luftverkehrssteuer und des Emissionshandels etwas niedriger als im Jahr 2008, in welchem sie bei -1,72 Ct/Pkm lag.

Wie dargestellt, mussten bei der Berechnung der einzelnen Variablen verschiedene Annahmen getroffen und Schätzungen vorgenommen werden. Dadurch ist die Genauigkeit dieser Ergebnisse mit Vorsicht zu betrachten. Die grundsätzliche Aussage, dass allenfalls geringe (wenn überhaupt) positive Nettointernalisierungen im Mobilitätsbereich bestehen, wird allerdings als belastbar eingeschätzt.<sup>113</sup>

**Tab. 92: Bestehende Nettointernalisierung im Mobilitätsbereich (Ct/Pkm)**

Verkehrsmittel	Internalisierung		Subventionen		Nettointernalisierung	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013
<b>MIV Diesel</b>	3,03	2,94	2,93	3,06	0,11	-0,12
<b>MIV Benzin</b>	4,02	3,97	2,93	3,06	1,09	0,91
<b>Flugzeug</b>	0,00	0,49	1,72	1,84	-1,72	-1,35

*Quellen: Deutscher Bundestag 10.03.2017; Schwermer et al. 2014; DIW Berlin 2016; Schwermer et al. 2014; BMF 2017a; BMF 2011; BMF 2015b; BMF 2017b; Statistisches Bundesamt 2014c; Statistisches Bundesamt 2015b; Statistisches Bundesamt 2016c; Statistisches Bundesamt 2017e; DEHSt 2014a; DEHSt 2014b; DEHSt 2015; DEHSt 2016a; DEHSt 2016b; Köder et al. 2014; eigene Berechnung*

## 9.9 Berechnung der Internalisierungslücke (Schritt 9)

### 9.9.1 Internalisierungslücke pro Personenkilometer

Zieht man von den externen Kostensätzen (siehe Kapitel 9.7.1) die bestehende Nettointernalisierung (siehe Kapitel 9.8.4) ab, so erhält man die Internalisierungslücke. Mit 7,25 Ct/Pkm ist die Internalisierungslücke des Flugverkehrs bei den drei betrachteten Verkehrsmitteln im Jahr 2013 am höchsten, gefolgt von MIV Diesel mit 4,41 Ct/Pkm und MIV Benzin mit 3,58 Ct/Pkm. Von 2008 bis 2013 ist die Internalisierungslücke (in jeweiligen Preisen) bei allen drei betrachteten Verkehrsmitteln angestiegen. Dass die Internalisierungslücke des Flugverkehrs im Jahr 2013 um 82% über dem Mittelwert aus MIV Benzin und MIV Diesel (3,99 Ct/Pkm) liegt, liegt maßgeblich an zwei Dingen: Erstens ist der Kostensatz für CO<sub>2</sub>e-Emissionen aufgrund des Emissionsgewichtungsfaktors (EGF) von 2 – der der größeren Höhe und des deswegen höheren Schadenspotenzials geschuldet ist – doppelt so hoch wie beim MIV (siehe Tab. 80). Zweitens weist die bestehende Nettointernalisierung mit -1,37 Ct/Pkm den „schlechtesten“ Wert auf (siehe Tab. 92).

<sup>113</sup> Ähnliche Ergebnisse ergeben zum Beispiel die Untersuchungen von Schreyer et al. (2010), die allerdings aufgrund eines anderen Analyseziels teilweise auf anderen Grundannahmen beruhen.

Tab. 93: Internalisierungslücke im Mobilitätsbereich (Ct/Pkm)

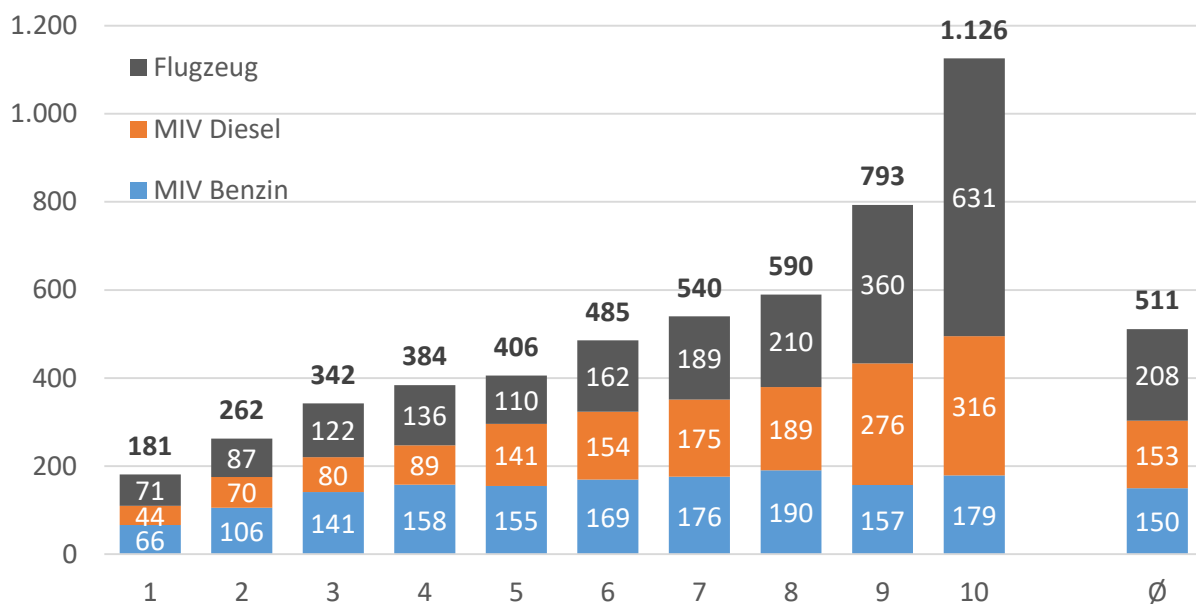
Verkehrsmittel	Externe Kosten		Bestehende Nettointernalisierung		Internalisierungslücke	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013
MIV Diesel	4,00	4,29	0,11	-0,12	3,89	4,41
MIV Benzin	4,19	4,49	1,09	0,91	3,09	3,58
Flugzeug	5,51	5,91	-1,72	-1,35	7,23	7,25

Quellen: externe Kosten: Schwermer et al. 2014; van Essen et al. 2011; bestehende Nettointernalisierung: siehe Tab. 92; eigene Berechnung

### 9.9.2 Ergebnisse

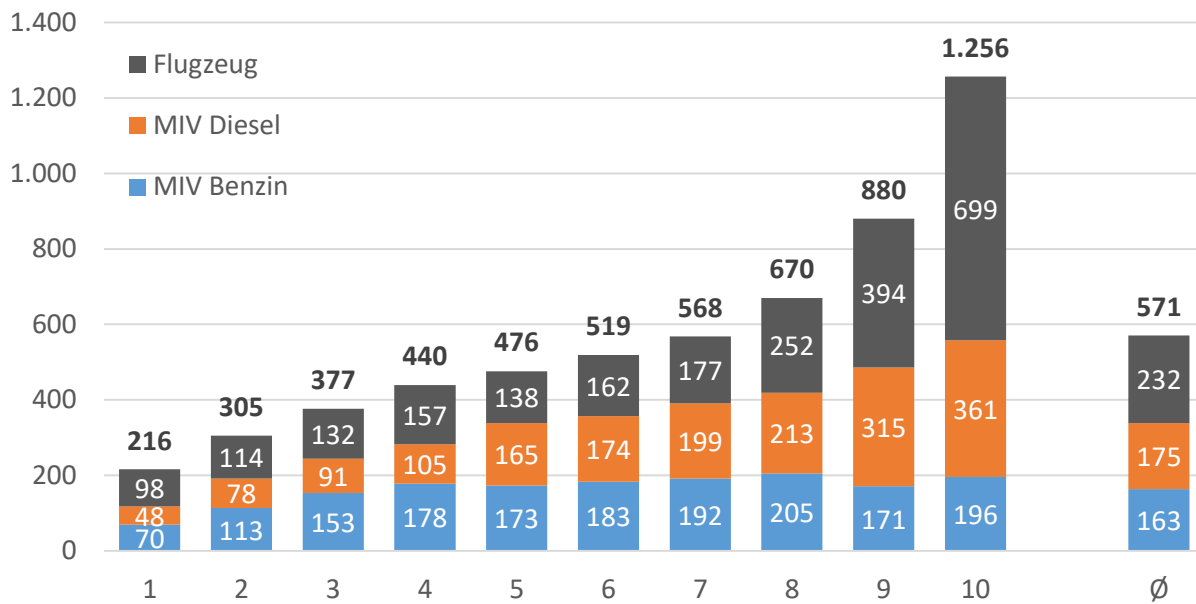
Die Internalisierungslücken – also die nicht internalisierten externen Kosten – lagen im Jahr 2008 im hier erfassten Mobilitätsbereich durchschnittlich bei 511 €/P/a (siehe Schaubild 103). Dabei steigen sie streng monoton von 181 €/P/a im ersten Dezil auf 1.126 €/P/a im zehnten Dezil an. Damit ist das zehnte Dezil durchschnittlich für 6,2-mal so hohe nicht internalisierte externe verantwortlich wie das erste Dezil.

Schaubild 103: Internalisierungslücke nach Verkehrsmitteln im Jahr 2008 (€/P/a)



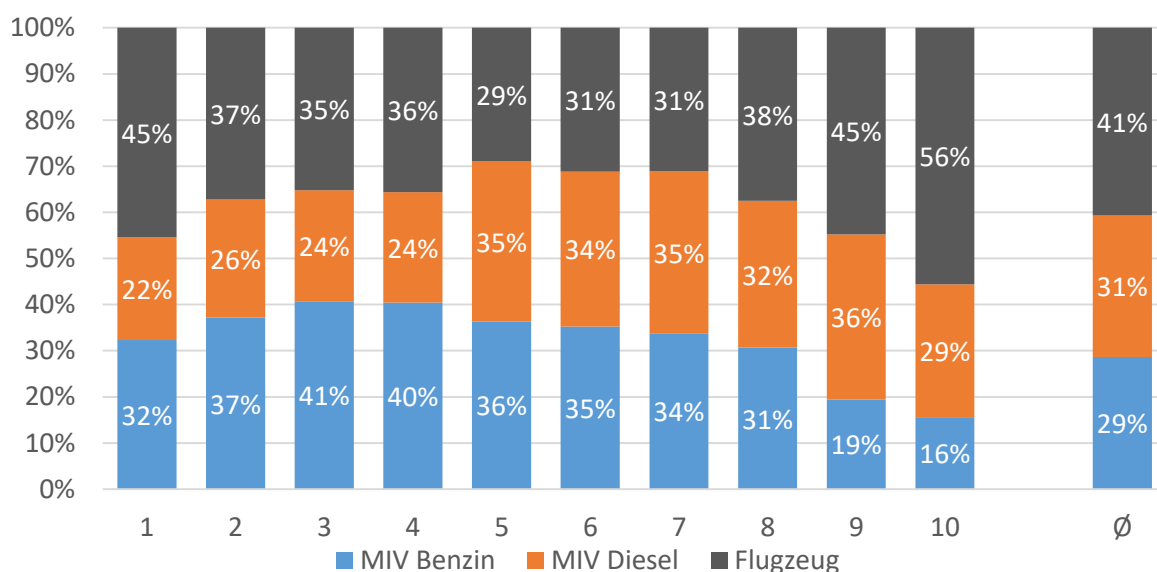
Quellen: FDZ 2010; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

Im Jahr 2013 liegt die durchschnittliche Internalisierungslücke mit 571 €/P/a um 12% höher als im Jahr 2008 (siehe Schaubild 104). Dabei steigen sie streng monoton von 216 €/P/a im ersten Dezil auf 1.256 €/P/a im zehnten Dezil an. Da die prozentuale Erhöhung im ersten Dezil mit 19% etwas höher ist als im zehnten Dezil (12%), liegt das Verhältnis zwischen zehntem und erstem Dezil mit 5,9 etwas niedriger als im Jahr 2008.

**Schaubild 104: Internalisierungslücke nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 (€/P/a)**

Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

Die Anteile der Verkehrsmittel MIV Benzin, MIV Diesel und Flugzeug an der Internalisierungslücke schwanken dabei relativ stark über die Dezile. In dieser Dreiteilung ist das Flugzeug abgesehen vom fünften Dezil in allen Dezilen für den größten Teil verantwortlich. Durchschnittlich beträgt sein Anteil 41% und schwankt zwischen 29% im fünften Dezil und 56% im zehnten Dezil. Im zehnten Dezil liegt der Anteil des Flugverkehrs damit sogar über dem aggregierten Anteil der MIV. Dass der Anteil des Flugzeugs bei der Internalisierungslücke deutlich höher liegt als bei den zurückgelegten Kilometern (siehe Kapitel 9.5.3.3), liegt an der im Vergleich zu den MIV deutlich höheren Internalisierungslücke (siehe Kapitel 9.9.1).

**Schaubild 105: Internalisierungslücke nach Verkehrsmitteln im Jahr 2013 (% an externen Mobilitätskosten)**

Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung



Innerhalb des MIV-Bereichs zeigen sich über die Dezile deutliche Unterschiede, was die Anteile von MIV Benzin und MIV Diesel an der Internalisierungslücke angeht. Dafür ist maßgeblich die in Kapitel 9.3.1.3 vorgestellte Aufteilung der Kraftstoffausgaben in Diesel- und Benzinausgaben verantwortlich. Außerdem wird deren Verhältnis aber auch durch die unterschiedlich hohe Internalisierungslücke pro Pkm beeinflusst, die bei MIV Diesel mit 4,41 Ct/Pkm um 23% höher liegt als bei MIV Benzin (3,58 Ct/Pkm) (siehe Kapitel 9.9.1). Dementsprechend verschiebt sich das Verhältnis zwischen MIV Diesel und MIV Benzin im Vergleich zu den Fahrleistungen (siehe Kapitel 9.5.3.3) in Richtung MIV Diesel. So ist MIV Diesel mit 31% nun durchschnittlich für einen größeren Anteil der Internalisierungslücke verantwortlich als MIV Benzin mit 29%. Allein bezogen auf die Internalisierungslücke durch den MIV liegt der Anteil von MIV Diesel in den Dezilen neun und zehn mit 65% am höchsten, während die Anteile vom ersten bis vierten Dezil zwischen 37-41% und vom fünften bis achten Dezil zwischen 49-51% schwanken.



## **10 Bereichsübergreifende Zwischenergebnisse (2013)**

### **10.1 Überblick**

In diesem Kapitel werden die bislang separat für die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität berechneten Ergebnisse bereichsübergreifend dargestellt. Damit sollen zum einen die weiteren Berechnungsschritte vorbereitet werden, zum anderen werden die bis hierhin vorliegenden Ergebnisse zusammengefasst und in Relation zueinander betrachtet. Dabei wird sich aus Gründen der Übersichtlichkeit und weil es für die weiteren Berechnungen den Ausgangspunkt bildet auf das Jahr 2013 beschränkt. Für bereichsübergreifende Ergebnisse zu den Änderungen von 2008 bis 2013 sei hingegen auf das Ergebniskapitel der diesen Umstand betreffenden Forschungsfrage 3 verwiesen (siehe Kapitel 15.2.3).

Im Folgenden wird nun zunächst die zur Darstellung der Ergebnisse eingesetzte Klassifikation vorgestellt. Anschließend werden die bereichsübergreifenden Ergebnisse zu Ausgaben, Verbräuchen, Emissionen, externen Kosten und Internalisierungslücken präsentiert.

### **10.2 Klassifikation**

Um die Zwischenergebnisse übersichtlich darstellen zu können, werden die Energieträger und Verkehrsmittel teilweise zusammengefasst. Die neuen Klassen und Zuordnungen sind in Tab. 94 dargestellt. Während die Ergebnisse des Wärmebereichs komplett aggregiert dargestellt werden, werden die Ergebnisse des Mobilitätsbereichs aufgrund ihres großen Gewichtes und der später bei der Internalisierungslücke nicht mehr berücksichtigten Verkehrsmittel des ÖPNV und ÖPFV (abgesehen vom Flugzeug) etwas tiefer differenziert dargestellt.

Tab. 94: Zuordnung und verwendete Klassifikation

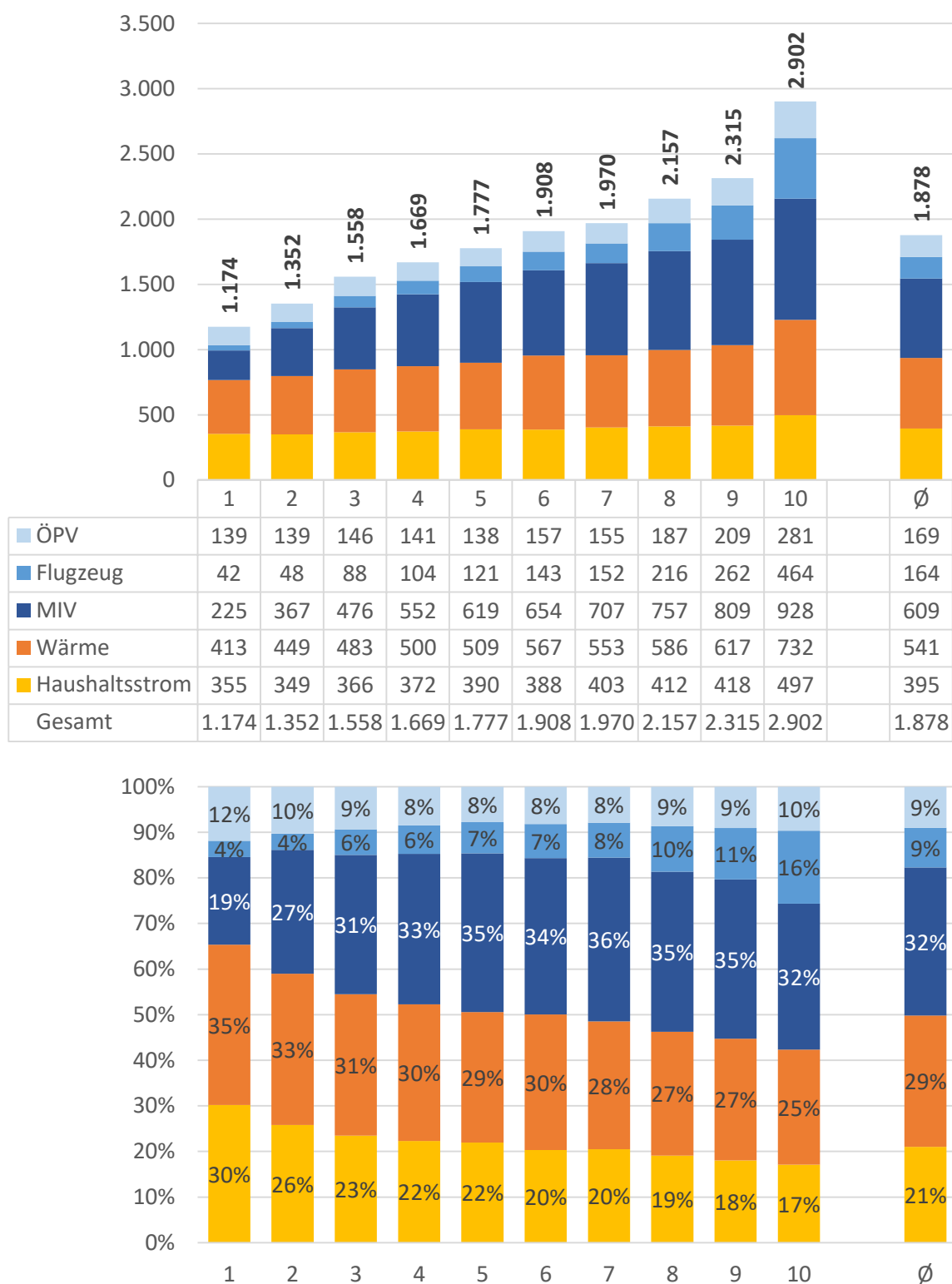
Klassifikation der Bereichskapitel	Klassifikation Zwischenergebnisse
Haushaltsstrom	Haushaltsstrom
Gas	Wärme
Heizöl	
Feste Brennstoffe	
Fernheizung	
Heizstrom	
Sonstige	
MIV Benzin	MIV
MIV Diesel	
Flugzeug	Flugzeug
Reisebus	ÖPV
Linienbus, Stadtbuss	
S-Bahn, Nahverkehrszug	
U-Bahn, Straßenbahn	
Fernzug/Bahn	

Quelle: eigene Zuordnung

### 10.3 Ausgaben

Die Ausgaben in den Bereichen Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität betrugen im Jahr 2013 durchschnittlich 1.878 €/P/a (siehe Schaubild 106). Dabei steigen sie streng monoton an von 1.174 €/P/a im ersten Dezil auf 2.902 €/P/a im zehnten Dezil. Damit gab das zehnte Dezil durchschnittlich 2,5-mal mehr aus als das erste Dezil.

Durchschnittlich ist die Mobilität (MIV+Flugzeug+ÖPV) für 50% der Ausgaben verantwortlich, gefolgt von der Wärme mit 29% und Haushaltsstrom mit 21%. Interessant ist dabei, dass sich die Anteile der Bereiche deutlich unterscheiden zwischen den Dezilen. So fällt der Anteil des Haushaltsstroms monoton ab von 30% im ersten Dezil auf 17% im zehnten Dezil. Demgegenüber steigt der Anteil der Mobilität streng monoton an von 35% auf 58%. Bei der Wärme ist ein, wenn auch nicht stetiger, fallender Trend vom Maximalwert von 35% im ersten Dezil bis zum Minimalwert von 25% im zehnten Dezil zu beobachten. Kurz zusammengefasst: Je höher der ökonomische Status, desto größer ist der Anteil der Mobilitätsausgaben und desto geringer ist das Gewicht vor allem von Strom- aber auch Wärmeausgaben. Blickt man etwas genauer auf die Mobilitätsausgaben, so zeigt sich ein sehr deutlicher Unterschied beim Anteil der Flugausgaben. Diese steigen über die Dezile von 4% im ersten auf 16% im zehnten Dezil. Dahingegen liegt der Anteil der Ausgaben für ÖPV im ersten mit 12% am höchsten.

**Schaubild 106: Bereichsspezifische Ausgaben im Jahr 2013 (€/P/a; % an Ausgaben)**

Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

## 10.4 Verbräuche

Im Jahr 2013 wurden in den betrachteten Bereichen im Durchschnitt 13.277 kWh/P/a verbraucht (siehe Schaubild 107).<sup>114</sup> Zu beachten ist, dass es sich hierbei um Endenergieverbräuche handelt.<sup>115</sup> Die Verbräuche steigen dabei streng monoton an von 8.071 kWh/P/a im ersten Dezil auf 21.520 kWh/P/a im zehnten Dezil. Damit verbrauchte das zehnte Dezil das 2,7-fache des ersten Dezils.

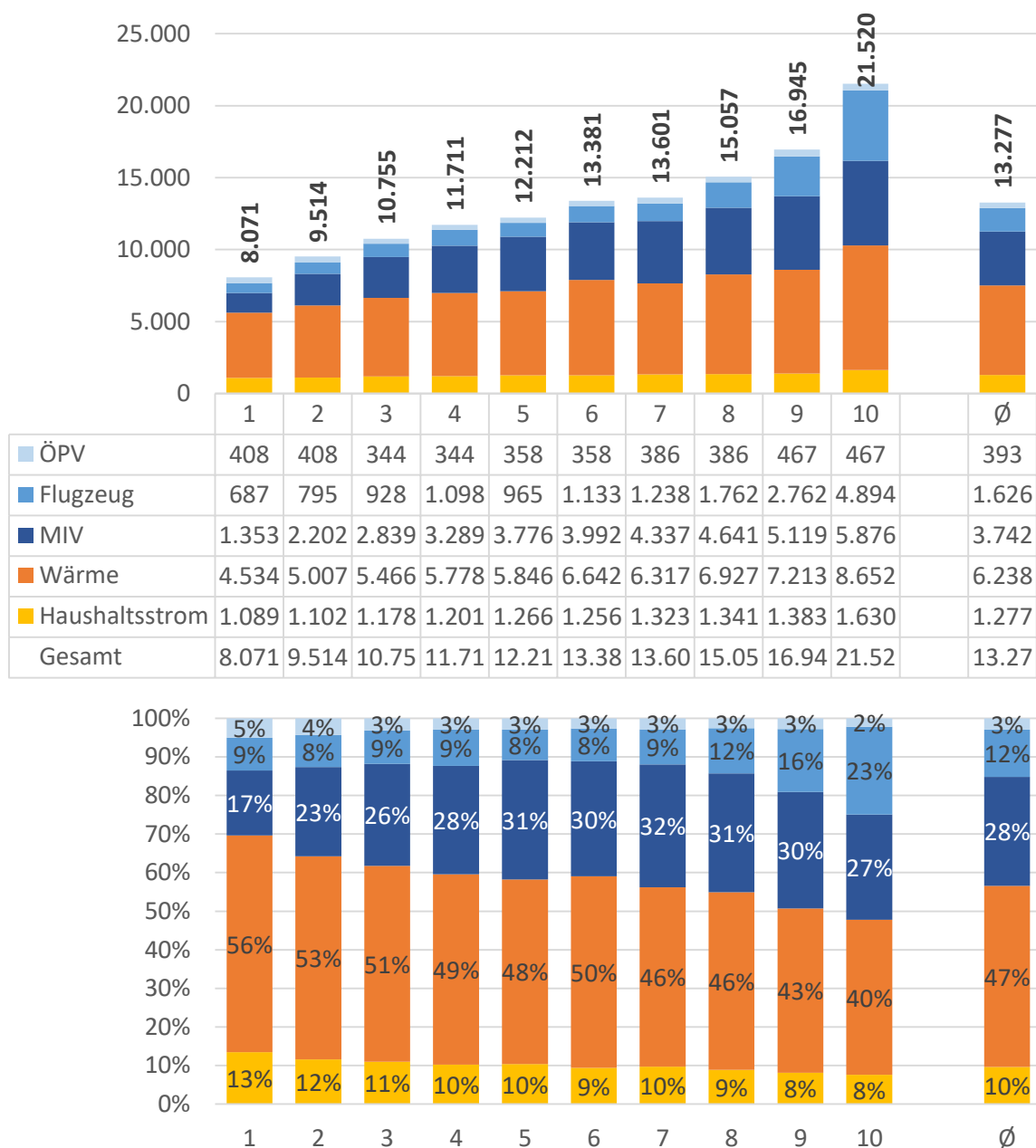
Durchschnittlich war mit 47% der Bereich Wärme für den größten Teil des Energieverbrauchs verantwortlich, gefolgt von der Mobilität mit 43%. Mit durchschnittlich 1.277 kWh/P/a macht der Haushaltsstrom nur 10% des hier betrachteten Energieverbrauchs aus.<sup>116</sup> Wie schon bei den Ausgaben steigt über die Dezile die Wichtigkeit der Mobilität (insbesondere des Flugzeugs) deutlich an, während Strom und Wärme unwichtiger werden: Während Mobilität im ersten Dezil für 30% der verbrauchten Energie verantwortlich ist, sind es im zehnten Dezil 52%. Innerhalb des Mobilitätsbereichs nimmt im Vergleich zu den Ausgaben (siehe Schaubild 106) die Bedeutung des ÖPV deutlich und des MIV etwas ab, während die des Flugzeugs deutlich zunimmt. Die Verschiebungen im Vergleich zu den Ausgaben können aber auch der Tatsache geschuldet sein, dass für die Verbrauchsberechnungen für die Bereiche ÖPV und Flugzeug Daten aus MiD2008 eingesetzt wurden, während für die Ausgaben allein auf Daten der EVS2013 zurückgegriffen wurde (siehe Kapitel 9.3 und 9.5).

---

<sup>114</sup> Um die im Mobilitätskapitel berechneten Fahrleistungen (siehe Kapitel 9.5.4.2) von Personenkilometern in Kilowattstunden umzurechnen werden die in Tab. 66 und Tab. 67 dargestellten Umrechnungsfaktoren verwendet.

<sup>115</sup> Im Gegensatz zu Primärenergieverbräuchen, die höher liegen, weil etwaige Wirkungsgrade zu berücksichtigen sind.

<sup>116</sup> Hier ist allerdings zu berücksichtigen, dass wie bereits erwähnt der Endenergieverbrauch betrachtet wird. Bei einer Betrachtung der Primärenergieverbräuche würde Strom aufgrund niedrigerer Wirkungsgrade bei der Erzeugung eine deutlich größere Rolle spielen.

**Schaubild 107: Bereichsspezifische Verbräuche im Jahr 2013 (€/P/a; % an Verbräuchen)**

Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-5; eigene Berechnung

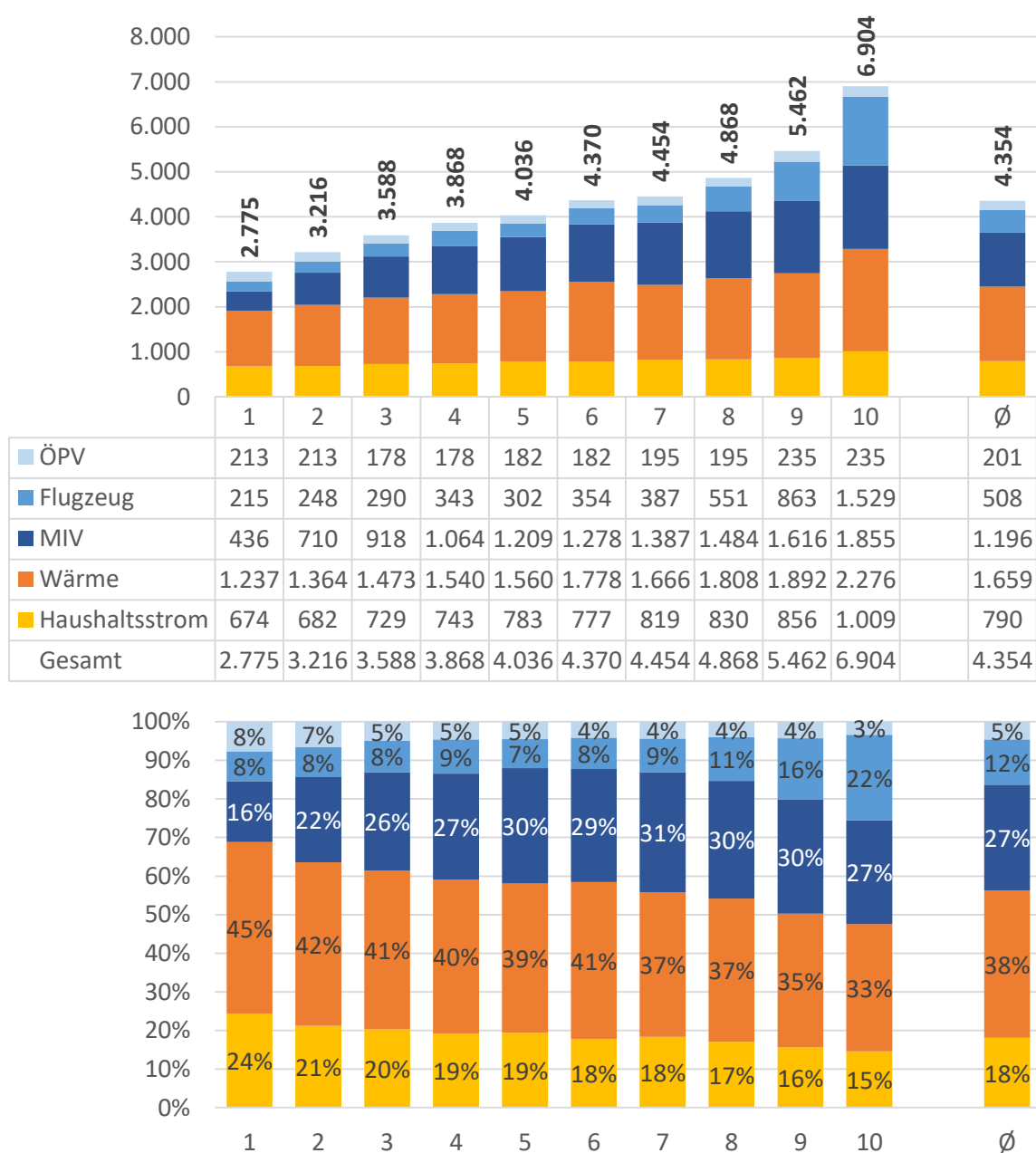
## 10.5 Emissionen

In diesem Abschnitt werden allein die THG-Emissionen des Jahres 2013 besprochen. Die restlichen Luftschadstoffemissionen können in den einzelnen Kapiteln beziehungsweise im Anhang nachvollzogen werden (siehe Kapitel 7.6.2, 8.6.2 und 9.6.2).

Die THG-Emissionen in den Bereichen Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität betrugen im Jahr 2013 durchschnittlich 4.354 kg CO<sub>2</sub>e/P/a (siehe Schaubild 108). Dabei steigen sie streng monoton an von 2.775 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im ersten Dezil auf 6.904 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im zehnten Dezil. Damit verursachte das zehnte Dezil durchschnittlich 2,5-mal mehr THG-Emissionen als das erste Dezil.

Durchschnittlich ist die Mobilität mit 44% für den größten Teil der THG-Emissionen verantwortlich, gefolgt von der Wärme mit 38% und Haushaltsstrom mit 18%. Erneut schwanken die Anteile der einzelnen Bereiche über die Dezile dabei deutlich: Während im ersten Dezil Wärme mit 45% auf dem ersten Platz, Mobilität mit 31% auf dem zweiten und Haushaltsstrom mit 24% auf dem dritten Platz liegen, liegt in den Dezilen vier bis zehn die Mobilität auf Platz eins, die Wärme auf zwei und der Haushaltsstrom auf drei. Am größten ist der Anteil der Mobilität dabei im zehnten Dezil mit 52%. Innerhalb des Mobilitätsbereichs ist der MIV mit durchschnittlich 27% für den größten Teil der CO<sub>2</sub>e-Emissionen verantwortlich, gefolgt vom Flugzeug mit 12% und dem ÖPV mit 5%.

**Schaubild 108: Bereichsspezifische THG-Emissionen im Jahr 2013 (CO<sub>2</sub>e/P/a; % an THG-Emissionen)**



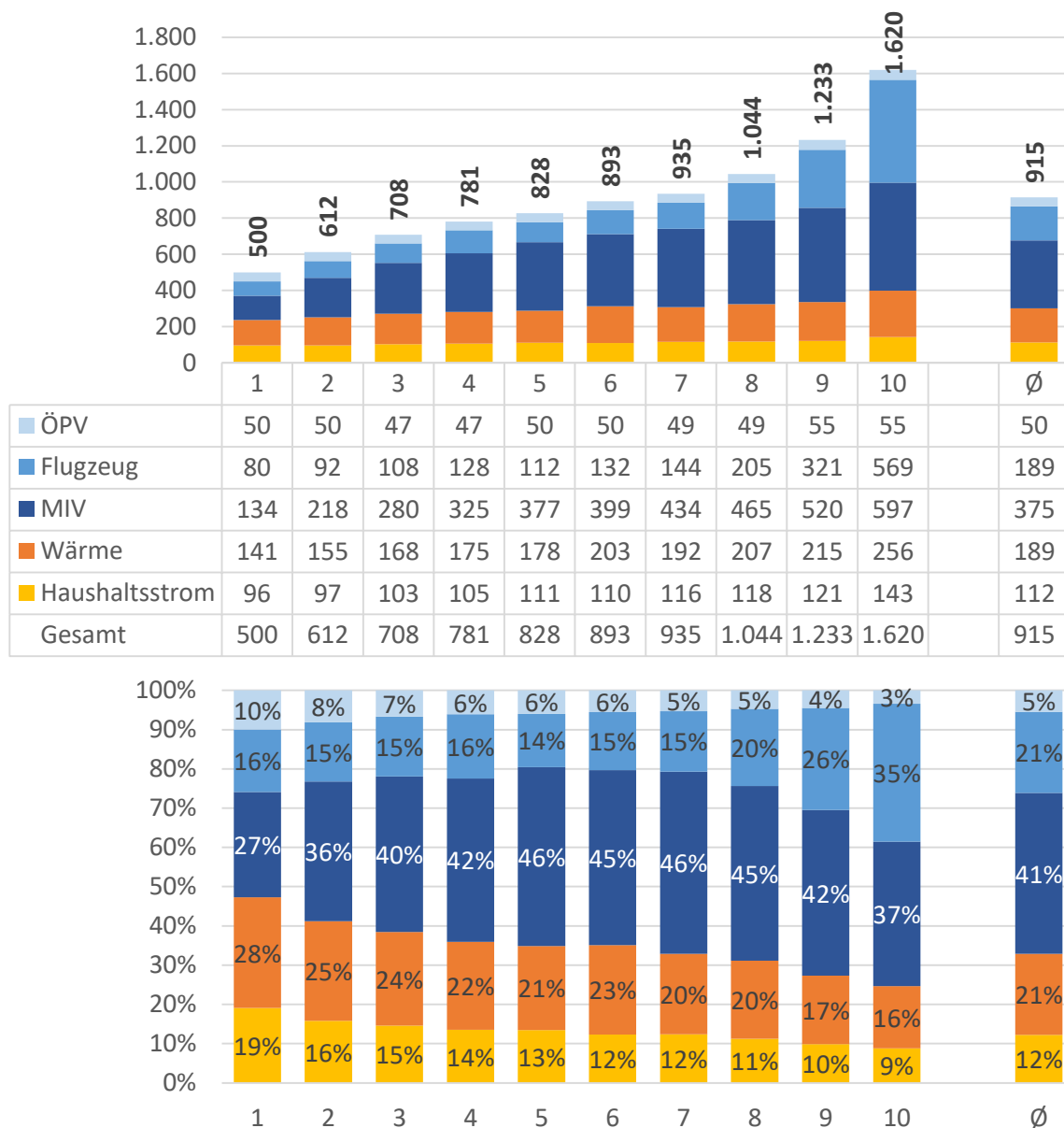
Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-6; eigene Berechnung



## 10.6 Externe Kosten

Durchschnittlich lagen die durch die betrachteten Bereiche verursachten externen Kosten im Jahr 2013 bei 915 €/P/a (siehe Schaubild 109). Dabei steigen sie streng monoton an von 500 €/P/a im ersten Dezil auf 1.620 €/P/a im zehnten Dezil. Damit liegen sie im zehnten Dezil beim 3,2-fachen des ersten Dezils.

**Schaubild 109: Bereichsspezifische externe Kosten im Jahr 2013 (€/P/a; % an externen Kosten)**



Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-7; eigene Berechnung

Bezüglich der Anteile lässt sich eine klare Dominanz des Mobilitätsbereichs erkennen. Durchschnittlich ist er für 67% der hier berechneten externen Kosten verantwortlich. Der Anteil der Mobilität steigt dabei über die Dezile streng monoton von 53% im ersten bis auf 75% im zehnten Dezil an. Auf Platz zwei folgt in allen Dezilen Wärme mit durchschnittlich 21%, wobei der Anteil über die Dezile streng monoton von 28% auf 16% abfällt. Haushaltsstrom ist durchschnittlich für 10% der externen Kosten verantwortlich. Der Anteil fällt dabei über die Dezile von 19% bis auf 7% ab.

Die im Vergleich zu den Emissionen (siehe Kapitel 10.5) verschobenen Anteile der einzelnen Bereiche lassen sich durch die unterschiedlich hohen Kostensätze pro kWh erklären. Zusammengefasst dargestellt sind diese in Tab. 95. Dabei wurden die externen Kostensätze der Mobilität mittels der in Tab. 66 und Tab. 67 dargestellten Umrechnungsfaktoren von Pkm in kWh umgerechnet. Wie zu sehen ist, liegen die externen Kostensätze im Mobilitätsbereich mit 9,57 Ct/kWh (PKW Benzin) bis 39,66 Ct/kWh (Linienbus, Stadtbus) am höchsten.<sup>117</sup> Es folgt Strom mit 8,78 Ct/kWh, während die externen Kostensätze des Wärmebereichs zwischen 1,8 Ct/kWh und 3,59 Ct/kWh und damit deutlich niedriger liegen. Wie in Tab. 95 zu sehen ist, werden allein bei der Mobilität die externen Kosten durch Lärm und Unfälle einbezogen. In den Bereichen Strom und Wärme werden externe Lärm- und Unfallkosten nicht berücksichtigt. Allerdings ist auch nicht zu erwarten, dass solche im nennenswerten Umfang vorliegen. Man könnte allerdings die Position „zusätzl. durch Kernenergie“ des Strombereichs in gewisser Weise zumindest zum Teil dem Bereich „Unfälle“ zuordnen, da der höhere externe Kostensatz der Atomenergie neben den Kosten der Endlagerung auch auf den Kosten für die eigentlich notwendige (aber nicht vorhandene) Versicherung gegen Atomunfälle beruht (vgl. UBA 2013: 27-29).

**Tab. 95: Übersicht über externe Kostensätze (Ct/kWh)**

Variable	Luftschadstoffe	THG	zusätzl. Atomenergie	Lärm	Unfälle	Summe
<b>Strom</b>						
<b>Strom</b>	2,21	6,10	0,46	-	-	8,78
<b>Wärme</b>						
<b>Gas</b>	0,36	2,11	-	-	-	2,47
<b>Heizöl</b>	0,86	2,7	-	-	-	3,57
<b>Feste Brennstoffe</b>	1,45	0,35	-	-	-	1,80
<b>Fernheizung</b>	0,97	2,62	-	-	-	3,59
<b>Mobilität</b>						
<b>PKW Benzin</b>	3,20	2,80	-	1,10	2,46	9,57
<b>PKW Diesel</b>	3,92	2,57	-	1,28	2,86	10,63
<b>S-Bahn, Nahverkehrszug</b>	6,34	5,15	-	0,76	0,13	12,38
<b>U-Bahn, Straßenbahn</b>	8,42	6,87	-	0,69	0,19	16,16
<b>Linienbus, Stadtbus</b>	10,41	25,25	-	3,14	0,87	39,66
<b>Reisebus</b>	8,56	3,26	-	1,67	2,39	15,88
<b>Fernzug/ Bahn</b>	9,70	4,51	-	2,33	3,00	19,55
<b>Flugzeug</b>	3,43	5,28	-	2,88	0,04	11,62

*Quellen: Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; van Essen et al. 2011; eigene Berechnung*

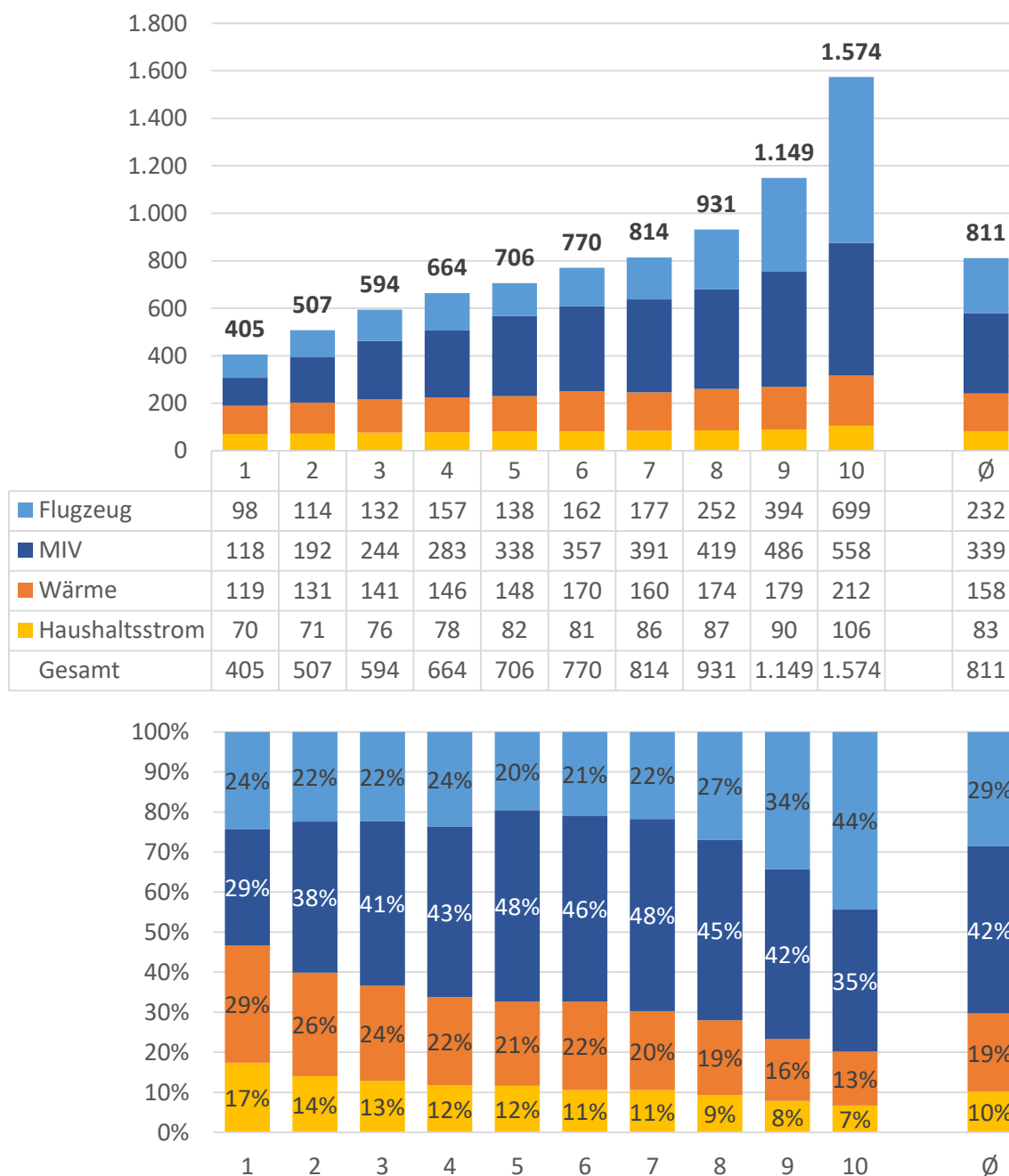
<sup>117</sup> Es ist allerdings zu beachten, dass es sich hier um Werte pro verbrauchter kWh handelt. Da pro verbrauchter kWh deutlich höhere Personenfahrleistungen mit dem ÖPV zurückgelegt werden, verkehrt sich das in Tab. 95 aufgeführte Verhältnis von PKW und ÖPV bei einer Betrachtung pro Pkm ins Gegenteil. Siehe dazu Tab. 80.

## 10.7 Internalisierungslücke

Zunächst muss darauf hingewiesen werden, dass der Bereich „ÖPV“ nun nicht mehr mitberücksichtigt wird (zur Begründung siehe Kapitel 9.8.1).

Die durchschnittliche Internalisierungslücke der berücksichtigten Bereiche liegt im Jahr 2013 bei 811 €/P/a (siehe Schaubild 110). Sie steigt dabei streng monoton an von 405 €/P/a auf 1.574 €/P/a. Damit betrug die Internalisierungslücke des zehnten Dezils das 3,9-fache des ersten Dezils.

**Schaubild 110: Bereichsspezifische Internalisierungslücke im Jahr 2013 (€/P/a; % an Internalisierungslücke)**



Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

Den größten Anteil an der Internalisierungslücke macht mit durchschnittlich 70% in allen Dezilen die Mobilität (MIV+Flugzeug) aus (siehe Schaubild 110). Dabei steigt der Anteil der Mobilität streng monoton über die Dezile von 53% auf 80%. Innerhalb des Mobilitätsbereichs ist dabei in den Dezilen eins bis neun der MIV für den größeren Teil der Internalisierungslücke verantwortlich. Im zehnten Dezil ist hingegen der Flugverkehr mit 44% für den Hauptteil verantwortlich (MIV: 35%).

Die Verschiebungen der Anteile bei der Internalisierungslücke im Vergleich zu den Ergebnissen der externen Kosten (siehe Kapitel 10.6) ergeben sich durch die Unterschiede in der bestehenden Internalisierung.<sup>118</sup> Die sich aus der Subtraktion der bestehenden Nettointernalisierungen von den externen Kostensätzen ergebenden Internalisierungslücken sind in Tab. 96 dargestellt.<sup>119</sup> Wie zu sehen ist, sind die bestehenden Nettointernalisierungen teilweise positiv, teilweise negativ.<sup>120</sup> Das führt dazu, dass die Internalisierungslücke pro kWh in manchen Bereichen kleiner ist als die externen Kostensätze (zum Beispiel bei Strom), in manchen Bereichen jedoch auch größer ist (zum Beispiel Flugzeug). Dementsprechend verschieben sich auch die Anteile der Internalisierungslücken im Vergleich zu den externen Kosten.

**Tab. 96: Übersicht über Internalisierungslücken im Jahr 2013 (Ct/kWh)**

Variable	Externe Kostensätze	Bestehende Nettointernalisierung	Internalisierungslücke
<b>Strom</b>			
<b>Strom</b>	8,78	2,30	6,47
<b>Wärme</b>			
<b>Gas</b>	2,47	0,64	1,83
<b>Heizöl</b>	3,57	0,62	2,95
<b>Feste Brennstoffe</b>	1,80	-0,58	2,38
<b>Fernheizung</b>	3,59	0,32	3,27
<b>Mobilität</b>			
<b>PKW Diesel</b>	10,63	-0,30	10,93
<b>PKW Benzin</b>	9,57	1,93	7,63
<b>Flugzeug</b>	11,62	-2,65	14,28

*Quellen: externe Kosten: Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; AGE 2016c; van Essen et al. 2011; bestehende Nettointernalisierung: siehe Tab. 38, Tab. 57 und Tab. 92; eigene Berechnung*

<sup>118</sup> Und natürlich auch durch die Nichtberücksichtigung des Mobilitätsbereichs „ÖPV“.

<sup>119</sup> Um die im Mobilitätskapitel berechneten externen Kostensätze (siehe Kapitel 9.7.1) und bestehenden Nettointernalisierungen (siehe Kapitel 9.8.4) von Personenkilometern in Kilowattstunden umzurechnen werden die in Tab. 66 und Tab. 67 dargestellten Umrechnungsfaktoren verwendet.

<sup>120</sup> Für die jeweiligen konkreten Gründe sei auf die jeweiligen Abschnitte in den Bereichskapiteln verwiesen (siehe Kapitel 7.8, 8.8 und 9.8).

## 11 Auswirkungen der Internalisierung der externen Kosten

### 11.1 Überblick

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen der Internalisierung der externen bereichsübergreifend berechnet. In der in Kapitel 6 vorgestellten Methodik (siehe Schaubild 17) entspricht dies den Schritten 10 bis 14. Den Ausgangspunkt der Berechnungen liefern die in Kapitel 10 vorgestellten Zwischenergebnisse.

Zunächst werden die Auswirkungen der Internalisierung auf die Energiepreise (Schritt 10; Kapitel 11.2) berechnet. Im Anschluss werden die für die weiteren Untersuchungen benötigten Preiselastizitäten berechnet und festgelegt (Schritt 11; Kapitel 11.3), bevor die Auswirkungen der Internalisierung auf den Verbrauch, die Emissionen und die externen Kosten (Schritt 12; Kapitel 11.4) vorgestellt werden. Danach werden die Ergebnisse der für die Beantwortung der zentralen Forschungsfrage entscheidenden letzten beiden Schritte präsentiert; die Berechnungen zu den finanziellen Belastungen (Schritt 13; Kapitel 11.5) und den Nettowirkungen des Ökobonus (Schritt 14; Kapitel 11.6).

### 11.2 Berechnung der prozentualen Preiserhöhungen (Schritt 10)

#### 11.2.1 Vorbemerkungen

Durch die Internalisierung der Internalisierungslücken erhöhen sich die von den Verbrauchern zu zahlenden Preise. Dabei wird angenommen, dass die Preiserhöhungen komplett von den Verbrauchern getragen werden müssen. Die Berechnung erfolgt außerdem ceteris paribus zur Situation des Jahres 2013. Das heißt, die Preise des Jahres 2013 werden unverändert übernommen und allein um die Internalisierungslücken erhöht. Möglicherweise durch technischen Fortschritt ausgelöste Preissenkungen werden nicht berücksichtigt.

#### 11.2.2 Kurze Frist

Die durch die Internalisierung der Internalisierungslücken ausgelösten Preiserhöhungen sind in Tab. 97 aufgeführt.<sup>121</sup> Die größten absoluten und relativen Preiserhöhungen liegen im Flugbereich vor. Die Preiserhöhung liegt hier entsprechend der berechneten Internalisierungslücke über alle Dezile bei 14,28 Ct/kWh. Allerdings weichen die prozentualen Preiserhöhungen über die Dezile deutlich voneinander ab. Diese Abweichungen lassen sich durch die vor der Internalisierung vorliegenden Unterschiede bei den Flugpreisen erklären. Da die Berechnungen aus der MiD2008 nur in Quintilen vorgenommen werden konnten, sind die Flugpreise jeweils identisch für zwei aufeinanderfolgende

<sup>121</sup> Zur besseren Übersichtlichkeit wird hier allein auf die aggregierten Bereiche eingegangen. Eine Aufteilung in einzelne Energieträger ist im Anhang in Tab. 186 zu finden.

Dezile. In Ermangelung neuerer Daten wurde außerdem angenommen, dass die Flugpreise von 2008 bis 2013 konstant blieben. Wie in Tab. 97 zu sehen ist, betragen die für das Jahr 2013 berechneten Flugpreise pro kWh im ersten und zweiten Dezil 6,08 Ct/kWh und steigen dann über 9,48 Ct/kWh in den Dezilen drei, vier, neun und zehn auf 12,24 Ct/kWh in den Dezilen sieben und acht und schließlich 12,58 Ct/kWh in den Dezilen fünf und sechs an.<sup>122</sup>

Diese quintilspezifischen Preisunterschiede führen dazu, dass der durch die Internalisierung ausgelöste einheitliche Preisaufschlag von 14,28 Ct/kWh prozentual betrachtet zu den bereits erwähnten deutlich unterschiedlich hohen Preiserhöhungen führt: So bewegt sich die Preiserhöhung der Internalisierung im Flugbereich in einer Spanne von 113% (5./6. Dezil) bis 235% (1./2. Dezil). Dementsprechend sind auch die über die Preiselastizitäten (in der kurzen Frist im Flugbereich konstant -0,35, siehe Tab. 105) Verbrauchsrückgänge stark unterschiedlich zwischen den Dezilen und bewegen sich zwischen 40% (5./6. Dezil) und 82% (1./2. Dezil).

In den anderen Bereichen liegen die durch die Internalisierung ausgelösten Preiserhöhungen deutlich niedriger als im Flugverkehr. Am niedrigsten ist die prozentuale Preiserhöhung beim Haushaltsstrom mit durchschnittlich 20%, gefolgt vom Wärmebereich mit durchschnittlich 29% und dem MIV mit 56% (siehe Tab. 97). Dies führt dazu, dass auch die über die Preiselastizitäten (siehe Tab. 105) vermittelten Verbrauchsrückgänge prozentual betrachtet deutlich niedriger ausfallen als im Flugbereich (siehe Kapitel 11.4.2).

Im Unterschied zum Flugverkehr sind in den anderen drei Bereichen auch die Preisunterschiede innerhalb der Dezile sehr viel kleiner, was dazu führt, dass auch die durch die Internalisierung der Internalisierungslücke ausgelösten Preiserhöhungen über die Dezile nur relativ wenig voneinander abweichen (siehe Tab. 97; Haushaltsstrom: 20-21%; Wärme: 29-30%; MIV: 51-60%) und schließlich dafür sorgt, dass auch die prozentualen Verbrauchsrückgänge über die Dezile nah beinander liegen (siehe Kapitel 11.4.2).

---

<sup>122</sup> Warum die Preise ab den siebten Dezil wieder zurückgehen kann hier nur gemutmaßt werden. Ein möglicher Grund ist, dass in den hohen Einkommensklassen längere Flugstrecken gebucht werden, die dann pro kWh respektive Personenflugkilometer niedrigere Kosten aufweisen, da zum Beispiel Flughafen- und Gepäckgebühren einen geringeren Anteil an den Kosten ausmachen und bei längeren Strecken weniger Kerosin pro Flugkilometer verbraucht wird, weil die energieintensiven Start- und Landephase einen geringeren Anteil am Gesamtverbrauch ausmachen.

Tab. 97: Preisänderungen durch Internalisierung in der kurzen Frist

Dezile	Haushalts- strom	Wärme	MIV	Flugzeug	Gesamt
<b>Preise 2013 (Ct/kWh)</b>					
1	32,57	9,10	16,65	6,08	13,50
2	31,68	8,96	16,67	6,08	13,32
3	31,06	8,83	16,77	9,48	13,57
4	30,96	8,65	16,77	9,48	13,44
5	30,77	8,71	16,39	12,58	13,83
6	30,86	8,54	16,39	12,58	13,45
7	30,46	8,75	16,31	12,24	13,73
8	30,70	8,46	16,30	12,24	13,43
9	30,22	8,55	15,80	9,48	12,78
10	30,47	8,46	15,80	9,48	12,45
Ø	<b>30,92</b>	<b>8,67</b>	<b>16,28</b>	<b>10,08</b>	<b>13,26</b>
<b>Internalisierungslücke (Ct/kWh)</b>					
1	6,47	2,64	8,71	14,28	5,20
2	6,47	2,63	8,71	14,28	5,45
3	6,47	2,60	8,60	14,28	5,48
4	6,47	2,55	8,60	14,28	5,58
5	6,47	2,55	8,95	14,28	5,69
6	6,47	2,57	8,96	14,28	5,63
7	6,47	2,56	9,02	14,28	5,87
8	6,47	2,53	9,02	14,28	5,99
9	6,47	2,50	9,49	14,28	6,51
10	6,47	2,46	9,49	14,28	6,89
Ø	<b>6,47</b>	<b>2,55</b>	<b>9,05</b>	<b>14,28</b>	<b>5,94</b>
<b>Preise kurze Frist (Ct/kWh)</b>					
1	39,04	11,74	25,36	20,36	18,70
2	38,16	11,59	25,37	20,36	18,77
3	37,53	11,43	25,37	23,76	19,05
4	37,44	11,20	25,37	23,76	19,02
5	37,25	11,26	25,35	26,86	19,52
6	37,33	11,10	25,34	26,86	19,08
7	36,93	11,31	25,34	26,52	19,60
8	37,17	10,99	25,33	26,52	19,42
9	36,69	11,05	25,29	23,75	19,29
10	36,94	10,92	25,29	23,75	19,34
Ø	<b>37,39</b>	<b>11,22</b>	<b>25,33</b>	<b>24,36</b>	<b>19,20</b>
<b>Preiserhöhungen kurze Frist</b>					
1	20%	29%	52%	235%	39%
2	20%	29%	52%	235%	41%
3	21%	29%	51%	151%	40%
4	21%	29%	51%	151%	42%
5	21%	29%	55%	113%	41%
6	21%	30%	55%	113%	42%
7	21%	29%	55%	117%	43%
8	21%	30%	55%	117%	45%
9	21%	29%	60%	151%	51%
10	21%	29%	60%	151%	55%
Ø	<b>21%</b>	<b>29%</b>	<b>56%</b>	<b>142%</b>	<b>45%</b>

Quellen: Preise: siehe Tab. 99; Preiselastizitäten: siehe Tab. 105; eigene Berechnung

### 11.2.3 Lange Frist

Die sich aus der Internalisierung in der langen Frist ergebenden Preise sind in Tab. 98 abgetragen. Da die Internalisierungslücke in der langen Frist gleich ist wie in der kurzen Frist, sind auch die Preise und Preiserhöhungen der einzelnen Energieträger in der kurzen und langen Frist identisch. Da jedoch die Preiselastizitäten und damit auch die Verbrauchsrückgänge der Energieträger voneinander abweichen, ergeben sich für die aus mehreren Energieträgern zusammengesetzten Bereiche „Wärme“ und „MIV“ sowie in der Gesamtbetrachtung leicht unterschiedliche Preise und damit auch Preiserhöhungen.<sup>123</sup> Bei „Wärme“ und „MIV“ liegen die Preisabweichungen der langen im Vergleich zur kurzen Frist jedoch maximal bei 0,03 Ct/kWh. In der Gesamtbetrachtung liegt die Preisabweichung zwischen -0,1 und 0,1 Ct/kWh. Im Durchschnitt liegen die Kosten pro kWh nun in der langen Frist mit 19,14 Ct/kWh um 0,06 Ct/kWh niedriger als in der kurzen Frist, wo sie bei 19,20 Ct/kWh liegen (siehe Tab. 97). Dementsprechend fällt in der langen Frist die prozentuale Preiserhöhung durch die Internalisierung mit 44% auch minimal niedriger aus als in der kurzen Frist (45%).

**Tab. 98: Preisänderungen durch Internalisierung in der langen Frist**

Dezile	Haushaltsstrom	Wärme	MIV	Flugzeug	Gesamt
<b>Preise lange Frist (Ct/kWh)</b>					
<b>1</b>	39,04	11,75	25,36	20,36	18,59
<b>2</b>	38,16	11,60	25,38	20,36	18,64
<b>3</b>	37,53	11,44	25,37	23,76	18,94
<b>4</b>	37,44	11,22	25,37	23,76	18,94
<b>5</b>	37,25	11,28	25,35	26,86	19,48
<b>6</b>	37,33	11,12	25,35	26,86	19,08
<b>7</b>	36,93	11,34	25,34	26,52	19,61
<b>8</b>	37,17	11,01	25,33	26,52	19,49
<b>9</b>	36,69	11,07	25,30	23,75	19,29
<b>10</b>	36,94	10,94	25,29	23,75	19,38
<b>Ø</b>	<b>37,39</b>	<b>11,24</b>	<b>25,33</b>	<b>24,36</b>	<b>19,14</b>
<b>Preiserhöhungen lange Frist</b>					
<b>1</b>	20%	29%	52%	235%	38%
<b>2</b>	20%	29%	52%	235%	40%
<b>3</b>	21%	30%	51%	151%	40%
<b>4</b>	21%	30%	51%	151%	41%
<b>5</b>	21%	29%	55%	113%	41%
<b>6</b>	21%	30%	55%	113%	42%
<b>7</b>	21%	30%	55%	117%	43%
<b>8</b>	21%	30%	55%	117%	45%
<b>9</b>	21%	30%	60%	151%	51%
<b>10</b>	21%	29%	60%	151%	56%
<b>Ø</b>	<b>21%</b>	<b>30%</b>	<b>56%</b>	<b>142%</b>	<b>44%</b>

Quellen: Preise: siehe Tab. 99; Preiselastizitäten: siehe Tab. 105; eigene Berechnung

<sup>123</sup> Auf der Ebene der einzelnen Energieträger sind die Preiserhöhungen und die letztlich entstehenden Preise jedoch identisch in der kurzen und der langen Frist. Siehe Tab. 186 im Anhang.



## 11.3 Berechnung und Festlegung der Preiselastizitäten (Schritt 11)

### 11.3.1 Berechnung direkter Preiselastizitäten der Energienachfrage aus EVS2008/2013

Im vorliegenden Kapitel werden auf Basis der EVS2008 und EVS2013 einkommensspezifische direkte Preiselastizitäten berechnet und vorgestellt. Die direkten Preiselastizitäten werden mittels der Mittelwertmethode folgendermaßen berechnet:

$$\eta_i^{dir} = \frac{\frac{(Q_i^{2013} - Q_i^{2008})}{(Q_i^{2013} + Q_i^{2008})}}{\frac{(p_i^{2013} - p_i^{2008})}{(p_i^{2013} + p_i^{2008})}}$$

$\eta^{dir}$  =: direkte Preiselastizität

$Q$  =: Verbrauch

$p$  =: Preis

$i$  =: Dezile 1,...,10, Ø

Die Mittelwertmethode besitzt gegenüber der sogenannten Bogenelastizität den Vorteil, dass die berechnete Elastizität unabhängig von der Richtung der Veränderung ist.<sup>124</sup> Die Auswirkungen der Energiepreisänderungen auf den Energieverbrauch werden ceteris paribus betrachtet. Kreuzpreiselastizitäten (auch indirekte Preiselastizität genannt) und die Auswirkungen von Einkommensänderungen werden nicht berücksichtigt. Eine solch isolierte Betrachtung der direkten Preiselastizität ist eigentlich nur bei einem Zeithorizont einer sehr kurzen Frist angemessen (vgl. Simmons-Süer et al. 2011: 16). Denn nur in der sehr kurzen Frist kann davon ausgegangen werden, dass die Haushalte allein die Nutzungsintensität ihrer vorhandenen Geräte ändern. Bei längeren Zeiträumen muss hingegen davon ausgegangen werden, dass eine Anpassung des Kapitalbestandes der Haushalte stattfindet – beispielsweise werden stromsparendere und in der Anschaffung teurere Elektrogeräte gekauft – und dass Einkommensänderungen und Preisänderungen anderer Produkte ebenfalls Auswirkungen auf die Energieausgaben der Haushalte haben. Der Zeitabstand zwischen der EVS2008 und EVS 2013 beträgt fünf Jahre und liegt damit deutlich außerhalb dessen, was als „sehr kurzfristig“ bezeichnet werden kann.

Um dieses Problem bis zu einem gewissen Grad zu umgehen, werden die Berechnungen im Wärme und Mobilitätsbereich nur für aggregierte Positionen vorgenommen. Für den Wärmebereich werden deswegen nur für die aggregierte Position „Wärme“ einkommensspezifische direkte Preiselastizitäten berechnet, im Mobilitätsbereich nur für die aggregierte Position MIV.<sup>125</sup> Damit wird zum einen eine

<sup>124</sup> Bei der Bogenelastizität werden die Verbrauchs- und Preisänderungen jeweils auf den Wert der ersten Periode (in vorliegenden Fall 2008) bezogen und nicht wie in der Mittelwertmethode auf das Mittel aus den beiden Perioden.

<sup>125</sup> Für die Position Flugzeug kann keine Berechnung vorgenommen werden, da bei den Berechnungen zuvor implizit (mangels anderer Daten) angenommen wurde, dass von 2008 bis 2013 keine Preisänderung vorlag.

Scheingenauigkeit vermieden und zum anderen verlieren zumindest die innerhalb dieser Bereiche möglicherweise auftretenden Kreuzpreiselastizitäten an Relevanz.<sup>126</sup>

Für die Berechnung der einkommensspezifischen Preiselastizitäten sind drei Schritte notwendig. Zunächst werden die Preisänderungen berechnet (siehe Tab. 99), anschließend die Verbrauchsänderungen (siehe Tab. 100). Schließlich werden die Verbrauchsänderungen durch die Preisänderungen geteilt, um so die direkten Preiselastizitäten zu erhalten (siehe Tab. 101). Zur Berechnung wird dabei die bereits zu Anfang dieses Kapitels erläuterte Mittelwertmethode eingesetzt.

**Tab. 99: Berechnung der Preisänderung 2008-2013 (Ct/kWh)**

Dezile	Ø-Preise 2008			Ø-Preise 2013			Preisänderung (Mittelwertmethode)		
	Strom*	Wärme	MIV	Strom*	Wärme	MIV	Strom*	Wärme	MIV
<b>1</b>	23,9	8,2	15,0	32,6	9,1	16,7	31%	11%	11%
<b>2</b>	23,3	8,1	15,0	31,7	9,0	16,7	30%	10%	11%
<b>3</b>	22,9	7,9	15,1	31,1	8,8	16,8	30%	11%	11%
<b>4</b>	22,6	8,0	15,1	31,0	8,7	16,8	31%	8%	11%
<b>5</b>	22,5	7,8	14,9	30,8	8,7	16,4	31%	11%	10%
<b>6</b>	22,3	7,9	14,8	30,9	8,5	16,4	32%	8%	10%
<b>7</b>	22,2	7,8	14,7	30,5	8,7	16,3	31%	12%	10%
<b>8</b>	22,0	7,7	14,7	30,7	8,5	16,3	33%	9%	11%
<b>9</b>	21,9	7,6	14,3	30,2	8,5	15,8	32%	11%	10%
<b>10</b>	21,7	7,6	14,3	30,5	8,5	15,8	33%	11%	10%
<b>Ø</b>	<b>22,5</b>	<b>7,8</b>	<b>14,7</b>	<b>30,9</b>	<b>8,7</b>	<b>16,3</b>	<b>32%</b>	<b>10%</b>	<b>10%</b>

\* Haushaltsstrom

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; Schwermer et al. 2014; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

<sup>126</sup> Theoretisch könnten die Kreuzpreiselastizitäten ebenfalls mit den zur Verfügung stehenden Daten berechnet werden. Dies schien hier aber aufgrund der teilweise sehr geringen Preis- und Verbrauchsänderungen der einzelnen Energieträger und damit potenziell fehlerhafter Werte nicht sinnvoll.

**Tab. 100: Berechnung der Verbrauchsänderung 2008-2013 (kWh/P/a)**

Dezile	Ø-Verbräuche 2008			Ø-Verbräuche 2013			Verbrauchsänderung (Mittelwertmethode)		
	Strom*	Wärme	MIV	Strom*	Wärme	MIV	Strom*	Wärme	MIV
1	1.204	4.590	1.452	1.089	4.534	1.353	-10%	-1%	-7%
2	1.216	4.921	2.326	1.102	5.007	2.202	-10%	2%	-5%
3	1.256	5.295	2.959	1.178	5.466	2.839	-6%	3%	-4%
4	1.310	5.613	3.323	1.201	5.778	3.289	-9%	3%	-1%
5	1.342	6.025	3.807	1.266	5.846	3.776	-6%	-3%	-1%
6	1.421	6.482	4.163	1.256	6.642	3.992	-12%	2%	-4%
7	1.446	6.774	4.483	1.323	6.317	4.337	-9%	-7%	-3%
8	1.520	7.224	4.846	1.341	6.927	4.641	-12%	-4%	-4%
9	1.594	8.028	5.241	1.383	7.213	5.119	-14%	-11%	-2%
10	1.834	9.500	5.989	1.630	8.652	5.876	-12%	-9%	-2%
Ø	1.414	6.445	3.859	1.277	6.238	3.742	-10%	-3%	-3%

\* Haushaltsstrom

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; Schwermer et al. 2014; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

**Tab. 101: Berechnung der direkten Preiselastizitäten der Energienachfrage 2008-2013**

Dezile	Preisänderung (Mittelwertmethode)			Verbrauchsänderung (Mittelwertmethode)			Direkte Preiselastizität (Mittelwertmethode)		
	Strom*	Wärme	MIV	Strom*	Wärme	MIV	Strom*	Wärme	MIV
1	31%	11%	11%	-10%	-1%	-7%	-0,33	-0,11	-0,67
2	30%	10%	11%	-10%	2%	-5%	-0,32	0,17	-0,51
3	30%	11%	11%	-6%	3%	-4%	-0,21	0,29	-0,39
4	31%	8%	11%	-9%	3%	-1%	-0,28	0,35	-0,10
5	31%	11%	10%	-6%	-3%	-1%	-0,19	-0,28	-0,08
6	32%	8%	10%	-12%	2%	-4%	-0,38	0,31	-0,41
7	31%	12%	10%	-9%	-7%	-3%	-0,28	-0,60	-0,32
8	33%	9%	11%	-12%	-4%	-4%	-0,38	-0,44	-0,41
9	32%	11%	10%	-14%	-11%	-2%	-0,44	-0,94	-0,24
10	33%	11%	10%	-12%	-9%	-2%	-0,35	-0,87	-0,19
Ø	32%	10%	10%	-10%	-3%	-3%	-0,32	-0,32	-0,30
Ø1-5	31%	10%	10%	-8%	1%	-4%	-0,27	0,07	-0,35
Ø6-10	32%	10%	10%	-12%	-6%	-3%	-0,37	-0,56	-0,32

\* Haushaltsstrom

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; Schwermer et al. 2014; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

In allen drei betrachteten Energiebereichen liegen die berechneten durchschnittlichen Preiselastizitäten sehr nah beieinander: beim Haushaltsstrom und der Wärme bei -0,32 und beim MIV bei -0,30. Ein Preistrückgang um 10% führt also beim Haushaltsstrom und der Wärme zu Verbrauchsrückgängen um 3,2% und beim MIV um 3,0%. Bei allen drei Bereichen handelt es sich demnach um unelastische Güter. Allerdings zeigt sich beim Blick auf die einzelnen Dezile eine große Bandbreite: Beim

Haushaltsstrom liegt die Bandbreite zwischen -0,19 im fünften Dezil und -0,44 im neunten Dezil und beim MIV zwischen -0,08 im fünften Dezil und -0,67 im ersten Dezil. Bei der Wärme sind die Abweichungen besonders groß: Hier liegen in den Dezilen zwei, drei, vier und sechs sogar positive direkte Preiselastizitäten vor; d.h. dass sich die Verbräuche trotz Preiserhöhungen erhöht haben. Offenbar sind die Preisänderungen vor allem im Wärmebereich und beim MIV nicht stark genug gewesen, um daraus verlässliche Preiselastizitäten berechnen. Möglicherweise zeigt sich hier auch, dass die Berechnung einfacher direkter Preiselastizitäten ohne die Berücksichtigung von Kreuzpreiselastizitäten und Einkommenseffekten nicht ausreicht. Um aus den vorliegenden Auswertungen zumindest gewisse Trendaussagen treffen zu können, wurden Durchschnittswerte für die Dezile eins bis fünf (untere 50%) und für die Dezile sechs bis zehn (obere 50%) gebildet (siehe Tab. 101). Im Strombereich zeigt sich, dass die oberen 50% mit -0,37 etwas preiselastischer reagieren als die unteren 50% mit -0,27. Das scheint insofern plausibel, als dass durch den Kauf sparsamerer Elektrogeräte durchaus im hier gegebenen Zeitraum von fünf Jahren Einsparungen erzielt werden können. Für den Erwerb sparsamerer Elektrogeräte sind aber freie Investitionsmittel notwendig. Diese sind bei reicheren Haushalte deutlicher vorhanden als bei ärmeren, was die höhere Preiselastizität der reicheren Haushalte erklären könnte. Noch ausgeprägter ist der Unterschied im Bereich Wärme. Hier liegt bei den unteren 50% sogar eine positive Preiselastizität von 0,07 vor, bei den oberen 50% hingegen eine negative Preiselastizität von -0,57. Auch hier lässt sich der Unterschied zum Teil durch die für Einsparungen notwendigen Investitionsmittel erklären. Hinzu kommt, dass reichere Haushalte eine deutlich höhere Eigentumsquote bei Wohnungen aufweisen, insofern also auf direkterem und damit einfacherem Wege Einfluss auf den energetischen Zustand ihrer Wohnung nehmen können. Im Gegensatz dazu leben ärmere Haushalte häufiger in Mietverhältnissen, was eine Investitionsentscheidung in energetische Maßnahmen deutlich komplizierter macht (Stichwort „Vermieter-Mieter-Dilemma“, siehe Kapitel 8.2). Dass die Preiselastizität der unteren 50% sogar positiv ausfällt, kann möglicherweise mit einer Vergrößerung der Wohnfläche und einem – damit verbundenen – Rückgang bei der durchschnittlichen Anzahl der Haushaltsmitglieder erklärt werden. Im Bereich MIV liegen die Preiselastizitäten der unteren und oberen 50% mit -0,35 beziehungsweise -0,32 auf einem ähnlichen Niveau.

Die auf Basis der EVS2008 und EVS2013 selbst berechneten direkten Preiselastizitäten weisen also relativ große Schwankungen und Unsicherheiten auf. Sie werden deswegen nicht alleine verwendet, sondern mit Preiselastizitäten aus einer aktuellen Metastudie kombiniert. Diese Studie und ihre Ergebnisse werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

### **11.3.2 Preiselastizitäten der Energienachfrage aus einer Metastudie**

Zur Berechnung der durch die Preiserhöhungen ausgelösten Auswirkungen der Internalisierung auf den Verbrauch werden neben den selbst berechneten Preiselastizitäten (siehe Kapitel 11.3.1) auch

Preiselastizitäten einer aktuellen Metastudie von Labandeira et al. (2016) verwendet. Darin werden basierend auf zahlreichen Studien mithilfe einer Meta-Regressions-Analyse unter Verwendung eines Random-Effects-Panel-Modells Mittelwerte der Preiselastizitäten für einzelne Energieträger berechnet. Dabei wird zwischen Preiselastizitäten in der kurzen und in der langen Frist unterschieden. Der Unterschied zwischen langer und kurzer Frist liegt hauptsächlich darin, dass in der kurzen Frist der Ausstattungsbestand als konstant angesehen wird. Das bedeutet, dass die vorhandenen Elektrogeräte, Fahrzeuge und Heizungsanlagen weiter genutzt werden. Die Preiselastizität ergibt sich in der kurzen Frist deswegen alleine aus Änderungen der Nutzungsintensität des vorhandenen Ausstattungsbestands (beispielsweise werden der PKW oder der Fernseher weniger genutzt werden oder der Thermostat an der Heizung wird heruntergeregt). Das beinhaltet ebenfalls Verhaltensänderungen wie beispielsweise eine Änderung des Lüftungsverhaltens. In der langen Frist ist dahingegen der Ausstattungsbestand variabel, es können also beispielsweise energiesparendere Elektrogeräte, Fahrzeuge oder Heizungsanlagen gekauft werden, die möglicherweise auch mit einem anderen Energieträger betrieben werden. Bei den Preiselastizitäten der langen Frist haben all diese durch die Preisänderung ausgelösten Änderungen des Ausstattungsbestands bereits stattgefunden. Die Nachfrage des jeweiligen betrachteten Gutes ist deswegen in der langen Frist preiselastischer als in der kurzen Frist. Als grobe Einteilung kann man für die kurze Frist eine Dauer von bis zu einem Jahr ansetzen, die lange Frist beginnt etwa ab einer Zeitdauer von zehn Jahren (Simmons-Süer et al. 2011: 16f). Im Zeitraum dazwischen findet eine – hauptsächlich durch eine Anpassung des Ausstattungsbestands – graduelle Annäherung der Werte der kurzen an die Werte der langen Frist statt.

Für die Berechnungen der kurzfristigen Preiselastizitäten wurden in der Metastudie insgesamt 903 Einzelbeobachtungen verwendet, für die der langfristigen Preiselastizitäten 941 (Labandeira et al. 2016: 4). Dabei unterscheiden sich die verwendeten Einzelbeobachtungen beziehungsweise die ihnen zugrunde liegenden Studien teilweise deutlich voneinander, zum Beispiel was das verwendete Modell oder auch die Region angeht. Eine Übersicht über wichtige Unterschiede und deren Auswirkung auf die durchschnittlichen Preiselastizitäten ist in der Metastudie in den Tabellen A1 und A2 aufgeführt (Labandeira et al. 2016: 15f). Die in diesen Tabellen aufgeführten Parameter werden verwendet, um die durchschnittlichen Preiselastizitäten möglichst gut an die Anforderungen dieser Arbeit anzupassen (siehe Tab. 102). Dazu wird erstens der Parameter „Residential“ ausgewählt, da in der hier vorliegenden Analyse die Preiselastizität der Haushalte untersucht wird und nicht die der Industrie oder des Handels. Zweitens wird der Parameter „Post 2008“ ausgewählt, da möglichst für die aktuelle Situation repräsentative Preiselastizitäten verwendet werden sollen und „Post 2008“ die aktuellste Zeitauswahl darstellt. Drittens wird der Parameter „Developing Country“ in negativer Form aufgenommen, um so der Tatsache Rechnung zu tragen, dass es sich bei Deutschland um ein entwickeltes Land handelt. Für die kurze Frist führen diese Anpassungen im Vergleich zu den unangepassten Durchschnittswerten zu

einer etwas preiselastischeren Nachfrage (-0,052), in der langen Frist hingegen zu einer etwas preisunelastischeren Nachfrage (+0,078). Insgesamt sind aber alle Energiearten preisunelastisch: In der angepassten Form liegt die durchschnittliche Preiselastizität der Energienachfrage in der kurzen Frist bei -0,276 und bewegt sich im Korridor von -0,312 (Heizöl) bis -0,256 (Diesel). In der langen Frist liegt der Durchschnittswert der Energie bei -0,574, wobei die preiselastischste Energienachfrage bei Gas (-0,772) und die preisunelastischste Energienachfrage bei Diesel (-0,517) ausgewiesen wird.

**Tab. 102: Durchschnittliche Preiselastizitäten aus Metastudie**

Variable	kurze Frist	lange Frist
<b>Durchschnittswerte (ohne Anpassungen)</b>		
<b>Elektrizität</b>	-0,209	-0,686
<b>Gas</b>	-0,216	-0,850
<b>Benzin</b>	-0,227	-0,715
<b>Diesel</b>	-0,204	-0,595
<b>Heizöl</b>	-0,259	-0,764
<b>Ø Energie</b>	<b>-0,224</b>	<b>-0,652</b>
<b>Parameter zur Anpassung</b>		
<b>Residential</b>	-0,053	-0,037
<b>Post 2008</b>	-0,018	0,081
<b>Developed country*</b>	0,019	0,034
<b>Summe Anpassungen</b>	<b>-0,052</b>	<b>0,078</b>
<b>Durchschnittswerte (an Deutschland angepasst)</b>		
<b>Elektrizität</b>	-0,261	-0,608
<b>Gas</b>	-0,269	-0,772
<b>Benzin</b>	-0,279	-0,637
<b>Diesel</b>	-0,256	-0,517
<b>Heizöl</b>	-0,312	-0,686
<b>Ø Energie</b>	<b>-0,276</b>	<b>-0,574</b>

*\*negativer Wert des Parameters „developing country“*

*Quelle: eigene Berechnung beruhend auf Labandeira et al. 2016*

Ein Vergleich der (angepassten) Preiselastizitäten aus der Metastudie (siehe Tab. 102) mit den selbst berechneten direkten Preiselastizitäten (siehe Kapitel 11.3.1) fällt recht positiv aus: So liegen die selbst berechneten direkten durchschnittlichen Preiselastizitäten der Bereiche Strom, Wärme und MIV mit -0,30 bis -0,32 zwischen den (angepassten) durchschnittlichen Preiselastizitäten der kurzen und langen Frist der Metastudie. Das ist insofern plausibel, als dass innerhalb der fünf Jahre – die bei den selbst berechneten Preiselastizitäten zwischen den verglichenen Zeitpunkten 2008 und 2013 lagen – die kurzfristigen Auswirkungen der Preisänderung auf den Verbrauch auf jeden Fall bereits stattgefunden haben sollten, die langfristigen Auswirkungen – also Änderungen am Kapitalbestand (zum Beispiel

neue Heizungsanlage, energieeffizientere Elektrogeräte, sparsamere PKW) jedoch erst teilweise umgesetzt werden konnten.

### 11.3.3 Preiselastizitäten der Flugverkehrsnachfrage

Für den Flugverkehr konnten wegen fehlender Preisdaten keine sinnvollen eigenen Berechnungen der Preiselastizitäten vorgenommen werden. Auch in der für die anderen Energiebereiche verwendeten Metastudie von Labandeira et al. (2016) wird dieser nicht berücksichtigt. Deswegen muss für den Flugverkehr auf andere Quellen zurückgegriffen werden, wobei es für den Flugverkehr nur wenige aussagekräftige Daten zur Preiselastizität der Nachfrage gibt. Dies stellen auch Scheelhaar et al. (2015) fest und weisen auf verschiedenen Ursachen dafür hin:

*„Empirisch ermittelte Preiselastizitäten im Verkehrsbereich, insbesondere im Luftverkehrsbereich, sind selten zu finden. Hierbei ist zudem zu berücksichtigen, dass diese Preiselastizitäten stark von der jeweiligen Nachfragergruppe (Geschäfts-/Privatreisende beziehungsweise unterschiedliche Versendergruppen im Integrator- oder Frachtbereich) und von der konkreten Flugstrecke abhängen. Sind beispielsweise Substitute für den jeweiligen Flug verfügbar, wovon im Kurzstreckenverkehr in der Regel auszugehen ist, wird sich die Preiselastizität der Nachfrage anders (sprich: elastischer) verhalten als im Langstreckenbereich, wo vergleichbare Substitute fehlen. Auch die Wettbewerbssituation auf der jeweiligen Flugstrecke hat einen großen Einfluss auf die Überwälzungsmöglichkeiten.“ (Scheelhaar et al. 2015: 115)*

Die in Tab. 103, aus einer Studie von Cherie Lu (2009: 160) stammende tabellarische Übersicht verschiedener empirischer Ergebnisse zur Preiselastizität der Luftverkehrsnachfrage zeigt deswegen eine enorme Spannbreite von eher preisunelastischen Nachfragen (ab -0,60) bis zu äußerst preiselastischen Nachfragen (bis zu -4,60).

**Tab. 103: Übersicht über Preiselastizitäten der Nachfrage im Luftverkehrsbereich**

Author	Country/ Region	Research Category	Elasticity
Gillen et al. (2004)	Various	Short-haul business	-0.70
		Short-haul leisure	-1.52
Oum et al. (1992)	Various	Leisure	-0.40 to -1.98
		Business	-0.65
		Mixed	-0.82
Nairn and Hooper (1992)	Various	Leisure & Business	-0.70 to -2.10
Oum et al. (1990)	Various	Vacation	-0.40 to -4.60
		Non-vacation	-0.08 to -4.18
		Mixed	-0.44 to -4.51
Fridström and Thune-Larsen (1989)	Norway	Short and medium term	-0.82
		Very long term	-1.63
Oum et al. (1986)	USA	First class	-0.60 to -0.85
		Economy non-vacation	-1.31 to -1.43
		Economy vacation	-1.48 to -1.60
		Discount	-1.55 to -2.01

*Quelle: Lu 2009; siehe auch diese Quelle für Quellenangaben der aufgeführten Studien*

In der Studie von Scheelhaar et al. (2015) werden aufgrund dieser großen Unsicherheit drei alternative Berechnungsweisen vorgenommen. Eine Variante mit einer Preiselastizität von 0 (absolut unelastisch), eine zweite mit einer Preiselastizität von -0,8 (leicht unelastisch) und eine dritte mit einer Preiselastizität von -2,1 (elastisch). In einer weiteren von der International Air Transport Association (IATA) veröffentlichten Studie wird auf der grenzüberschreitenden Ebene im innereuropäischen Markt für Kurzstreckenflüge eine Preiselastizität von -0,9 und für Langstreckenflüge von -0,8 ausgewiesen; für transatlantische Flüge für die Kurzstrecke von -0,8 und für die Langstrecke von -0,7 und für Flüge zwischen Europa und Asien von -0,6 (Kurzstrecke) und -0,5 (Langstrecke) (IATA 2008: 28). Für Flüge innerhalb der Landesgrenzen sind die Nachfragen laut der Studie der IATA elastischer, so liegen die Preiselastizitäten innerhalb Europas in einem Bereich von -1,1 bis -2,0 (IATA 2008: 28). Allerdings zeigen Daten des Statistischen Bundesamts zum Luftverkehr, dass mit etwa 95% der allergrößte Teil der Personenverkehrsleistung aus internationalen Flügen besteht (Statistisches Bundesamt 2014c: 19), insofern also vor allem die Preiselastizitäten der internationalen Flüge relevant sind.

Es zeigt sich beim Flugverkehr bezüglich der Preiselastizität also eine relativ große Spannbreite. Hinzu kommt, dass die Internalisierung der Internalisierungslücke beim Flugverkehr zu enormen Preissteigerungen von durchschnittlich 142% führen würde, wobei die Spannbreite der Dezile zwischen 113% und 235% liegt (siehe Tab. 97). Hauptsächlich ausgelöst wird diese im Vergleich zu den anderen Bereichen mit Abstand höchste Preissteigerung durch die mit 14,28 Ct/kWh sehr hohe Internalisierungslücke (siehe Tab. 96), die wiederum hauptsächlich auf der erhöhten Klimaschädlichkeit von CO<sub>2</sub>-Emissionen



in großen Höhen (Emissionsgewichtungsfaktor (EGF) von 2; siehe Kapitel 6.5.5)) und einer negativen bestehenden Internalisierung (siehe Kapitel 9.8.4) beruht. Die durch die Internalisierung ausgelösten sehr hohen Preissteigerungen legen es nahe, Preiselastizitäten auszuwählen, die eher am unteren Ende der aus der Literatur entnommenen Spannbreite liegen. Ansonsten könnten unplausibel hohe Verbrauchsrückgänge entstehen.<sup>127</sup> Deswegen werden für den Flugverkehr im Sinne der vorgestellten Spannbreite relativ relativ niedrige Preiselastizitäten von -0,35 in der kurzen und -0,4 in der langen Frist angenommen.<sup>128</sup> Der im Vergleich zu den anderen Energieträgern kleinere Unterschied zwischen kurzer und langer Frist beruht auf der Überlegung, dass Ausgaben für Flüge im Privatbereich meistens Urlaubsflüge darstellen. Anders als zum Beispiel bei Heizungs- oder Kraftstoffausgaben sind Flugausgaben deswegen eher als „Luxusausgaben“ und auch als leichter und schneller substituierbar einzustufen. So könnte zum Beispiel der nächste Urlaub recht kurzfristig nicht mit dem Flugzeug, sondern mit Auto, Bus oder Bahn geplant (oder komplett abgesagt) werden, während der Weg zur Arbeit oder das Heizen der Wohnung – insbesondere kurzfristig – nur unter größeren Anstrengungen eingestellt beziehungsweise deutlich reduziert werden können.

Insgesamt muss jedoch für den Flugverkehr besonders hervorgehoben werden, dass es sich bei den Auswirkungen der Internalisierung auf den Verbrauch um Schätzungen handelt, deren Annahmen durchaus in Frage gestellt werden können.

**Tab. 104: Angenommene durchschnittliche Preiselastizitäten der Flugverkehrsnachfrage**

Variable	kurze Frist	lange Frist
Luftverkehr	-0,35	-0,40

*\*Quellen: eigene Annahme auf Basis von Scheelhaar et al. 2015 und IATA 2008*

### 11.3.4 Zusammenstellung der verwendeten Preiselastizitäten

Die in dieser Arbeit verwendeten Preiselastizitäten sollten idealerweise differenziert nach Nettoäquivalenzeinkommen vorliegen. Bislang gibt es in der Fachliteratur jedoch nur wenige belastbare Auswertungen bezüglich einkommensspezifischer Preiselastizitäten der Energienachfrage. Dies hielt beispielsweise auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen in seinem Umweltgutachten 2016 fest (Faulstich et al. 2016: 193). Eine dieser wenigen Studien stammt von Aigeltinger et al. (2015): Für den Strombereich stellten sie fest, dass die Preiselastizität der Stromnachfrage bei einkommensschwachen Haushalten nur bei -0,08 bis -0,17, somit deutlich unter dem für Deutschland angenommenen Mittelwert von -0,35 liege (Aigeltinger et al. 2015: 10). Die eigenen Berechnungen der einkommensspezifischen

<sup>127</sup> Berechnungen mit einer Preiselastizität von -0,6 ergeben beispielsweise, dass der Flugverkehr bei einer Internalisierung der bestehenden Lücke (14,28 Ct/kWh) durchschnittlich um 85% zurück ginge, bei einer Preiselastizität von 0,8 würde der Flugverkehr sogar komplett eingestellt.

<sup>128</sup> Bezogen auf den Verbrauch durch Flugverkehr führt dies in der kurzen Frist zu durchschnittlichen Rückgängen von 52% (siehe Tab. 106) und in der langen Frist von 60% (siehe Tab. 110).

Preiselastizitäten (siehe Kapitel 11.3.1) ergaben über die Dezile starke Schwankungen, wobei sich jedoch beim Haushaltsstrom und bei der Wärme zumindest in der aggregierten Betrachtung der unteren (Dezile 1-5) und oberen 50% (Dezile 6-10) eine preiselastischere Nachfrage für die oberen 50% zeigte. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Daten kann jedoch nicht von einem statistisch klar gesicherten positiven Zusammenhang zwischen Einkommen und Elastizität der Energienachfrage gesprochen werden. Im Sinne einer eher vorsichtigen – verstanden als eine die regressiven Belastungswirkungen eher überschätzenden – Berechnung, wird aber trotzdem angenommen, dass zumindest in der langen Frist ein solcher Zusammenhang besteht. Denn die finanziellen Belastungswirkungen einer Internalisierung der externen Kosten treffen jene Haushalte stärker, die eine niedrigere Preiselastizität aufweisen und deswegen ihren Verbrauch nicht reduzieren (können).

Neben den vorgestellten, durchaus dürftigen statistischen Erkenntnissen, beruht diese Annahme vor allem auf folgender Überlegung: Es scheint plausibel annehmbar, dass sich reichere Haushalte investive Maßnahmen zur Energieeinsparung – also zum Beispiel den Kauf energieeffizienterer Geräte, die energetische Sanierung der oder den Umzug in eine energieeffizientere Wohnung – eher leisten können als ärmere Haushalte (vgl. Faulstich et al. 2016). Für die lange Frist – bei der der Ausstattungsbestand variabel ist – wird deswegen angenommen, dass die Energienachfrage mit zunehmenden Einkommen preiselastischer wird. Auf der anderen Seite müssen ärmere Haushalte einen deutlichen größeren Anteil ihres Einkommens für Energie ausgeben, was wiederum bei Preiserhöhungen für ärmere Haushalten zu einem deutlich größeren Einsparungsdruck – wenn nicht über investive Maßnahmen, dann über Verhaltensänderungen – führt. Deswegen wird für die kurze Frist – die hauptsächlich auf Verhaltensänderungen und damit verbundene Änderungen der Nutzungsintensitäten beruht – angenommen, dass keine einkommensspezifischen Unterschiede bei der Preiselastizität der Energienachfrage bestehen.

Aus diesem Grund werden für die kurze Frist die an Deutschland angepassten Preiselastizitäten der kurzen Frist aus der Metastudie von Labandeira et al. (2016) (siehe Tab. 102) undifferenziert für alle Nettoäquivalenzeinkommensdezile verwendet (siehe Tab. 105).

Für die Preiselastizitäten der langen Frist muss das genaue Ausmaß der einkommensspezifischen Preiselastizitätsunterschiede in Ermangelung genauer empirischer Daten geschätzt werden. Es werden folgende Annahmen getroffen:

- 1) Es wird angenommen, dass die angepassten Durchschnittswerte der Metastudie von Labandeira et al. (2016) (siehe Tab. 102) und die angenommenen Werte des Flugverkehrs (siehe Tab. 103) für den Durchschnittshaushalt gelten.

- 2) Zweitens werden nach Energiebereich einkommensspezifische Abweichungen der Preiselastizitäten vom Durchschnitt festgelegt, deren Unterschied und Höhe sich an den eigenen Berechnungen der Preiselastizitäten in Kapitel 11.3.1 orientieren, letztlich jedoch vor allem Annahmen darstellen. Es erschien jedoch sinnvoller diese Annahmen zu treffen, als gar keine Anpassung vorzunehmen. Folgende Annahmen werden getroffen:
- a. Für den Wärmebereich, der bei den eigenen Auswertungen den größten einkommensspezifischen Unterschied zeigte (siehe Tab. 101), wird angenommen, dass die Preiselastizität im ersten Dezil um 25% unelastischer und im zehnten Dezil 25% elastischer ist als der Durchschnittswert. Im Ergebnis führt dies dazu, dass die Preiselastizitäten des ersten Dezils 60% des zehnten Dezils betragen, also ein recht deutlicher Unterschied vorherrscht. Für die Dezile zwei bis acht wird eine lineare Interpolation der prozentualen Änderungen vorgenommen.<sup>129</sup>
  - b. Für Haushaltsstrom, der bei den eigenen Auswertungen einen mittleren einkommensspezifischen Unterschied zeigte (siehe Tab. 101), wird angenommen, dass die Preiselastizität im ersten Dezil um 15% unelastischer und im zehnten Dezil 15% elastischer als der Durchschnittswert ist. Im Ergebnis führt dies dazu, dass die Preiselastizitäten des ersten Dezils 74% des zehnten Dezils betragen. Für die Dezile zwei bis acht wird eine lineare Interpolation der prozentualen Änderungen vorgenommen.
  - c. Für den MIV, der bei den eigenen Auswertungen kaum einkommensspezifische Unterschied zeigte (siehe Tab. 101), wird im Sinne einer die Belastungswirkungen der ärmeren tendenziell eher überschätzenden Methodik angenommen, dass die Preiselastizität im ersten Dezil um 5% unelastischer und im zehnten Dezil 5% elastischer als der Durchschnittswert ist. Im Ergebnis führt dies dazu, dass die Preiselastizitäten des ersten Dezils 90% des zehnten Dezils betragen, also ein eher kleiner Unterschied vorherrscht. Für die Dezile zwei bis acht wird eine lineare Interpolation der prozentualen Änderungen vorgenommen.
  - d. Für die Position Flugzeug wird dieselbe einkommensspezifische Anpassung vorgenommen wie beim MIV. Für diese konnten keine eigenen Berechnungen der Preiselastizitäten durchgeführt werden, weswegen auch keine eigenen Erkenntnisse bezüglich einkommensspezifischer Unterschiede vorliegen. Im Sinne der beim MIV bereits erwähnten vorsichtigen Berechnungsweise wird jedoch diese leichte Einkommensabhängigkeit unterstellt.

Mittels dieser Annahmen berechnet, ergeben sich für die lange Frist die in Tab. 105 aufgeführten einkommensspezifischen Preiselastizitäten der verschiedenen Energieträger, die schließlich für die weiteren Berechnungen verwendet werden. Es muss dabei noch einmal explizit darauf hingewiesen werden, dass es sich nur um Schätzungen handelt. Dabei kann man die Unterscheidung in die kurze und lange

<sup>129</sup> Pro Dezil nimmt die prozentuale Änderung im Wärmebereich um 5,6 Prozentpunkte zu (Formel:  $50\%/9$ ).

Frist neben der zeitlichen Dimension auch als Variante mit niedrigeren, über das Einkommen konstanten Preiselastizitäten (kurze Frist) und als Variante mit höheren, über die Dezile ansteigenden Preiselastizitäten (lange Frist) verstehen. Um das Spektrum noch zu erweitern, werden in Kapitel 12.3 außerdem Szenariorechnungen mit einer Preiselastizität von 0 und einer deutlich höheren und einkommenselastischeren Preiselastizität vorgestellt.

**Tab. 105: Verwendete einkommensspezifische Preiselastizitäten nach Energieträgern**

Dezile	Haus- halts- strom	Wärme						Mobilität		
		Heiz- strom	Gas	Heizöl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sonstige Wärme- energie	PKW Benzin	PKW Diesel	Flug- zeug
Kurze Frist										
1-10; Ø	-0,261	-0,261	-0,269	-0,312	-0,276	-0,276	-0,276	-0,279	-0,256	-0,350
Lange Frist										
1	-0,517	-0,456	-0,579	-0,515	-0,431	-0,431	-0,431	-0,605	-0,491	-0,380
2	-0,537	-0,490	-0,622	-0,553	-0,462	-0,462	-0,462	-0,612	-0,497	-0,384
3	-0,557	-0,524	-0,665	-0,591	-0,494	-0,494	-0,494	-0,619	-0,503	-0,389
4	-0,578	-0,557	-0,708	-0,629	-0,526	-0,526	-0,526	-0,626	-0,508	-0,393
5	-0,598	-0,591	-0,751	-0,667	-0,558	-0,558	-0,558	-0,633	-0,514	-0,398
6	-0,618	-0,625	-0,793	-0,705	-0,590	-0,590	-0,590	-0,641	-0,520	-0,402
7	-0,638	-0,659	-0,836	-0,743	-0,622	-0,622	-0,622	-0,648	-0,526	-0,407
8	-0,659	-0,692	-0,879	-0,781	-0,654	-0,654	-0,654	-0,655	-0,531	-0,411
9	-0,679	-0,726	-0,922	-0,819	-0,686	-0,686	-0,686	-0,662	-0,537	-0,416
10	-0,699	-0,760	-0,965	-0,858	-0,718	-0,718	-0,718	-0,669	-0,543	-0,420
Ø	-0,608	-0,608	-0,772	-0,686	-0,574	-0,574	-0,574	-0,637	-0,517	-0,400

*Quellen: eigene Berechnung und Annahmen beruhend auf 1) eigene Auswertungen: FDZ 2010; FDZ 2016; Schwermer et al. 2014; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; 2) angepasste Daten aus (Meta-)Studien: Labandeira et al. 2016; Scheelhaar et al. 2015; IATA 2008*

## 11.4 Berechnung der Auswirkungen auf Verbrauch, Emissionen und externe Kosten (Schritt 12)

### 11.4.1 Vorbemerkungen

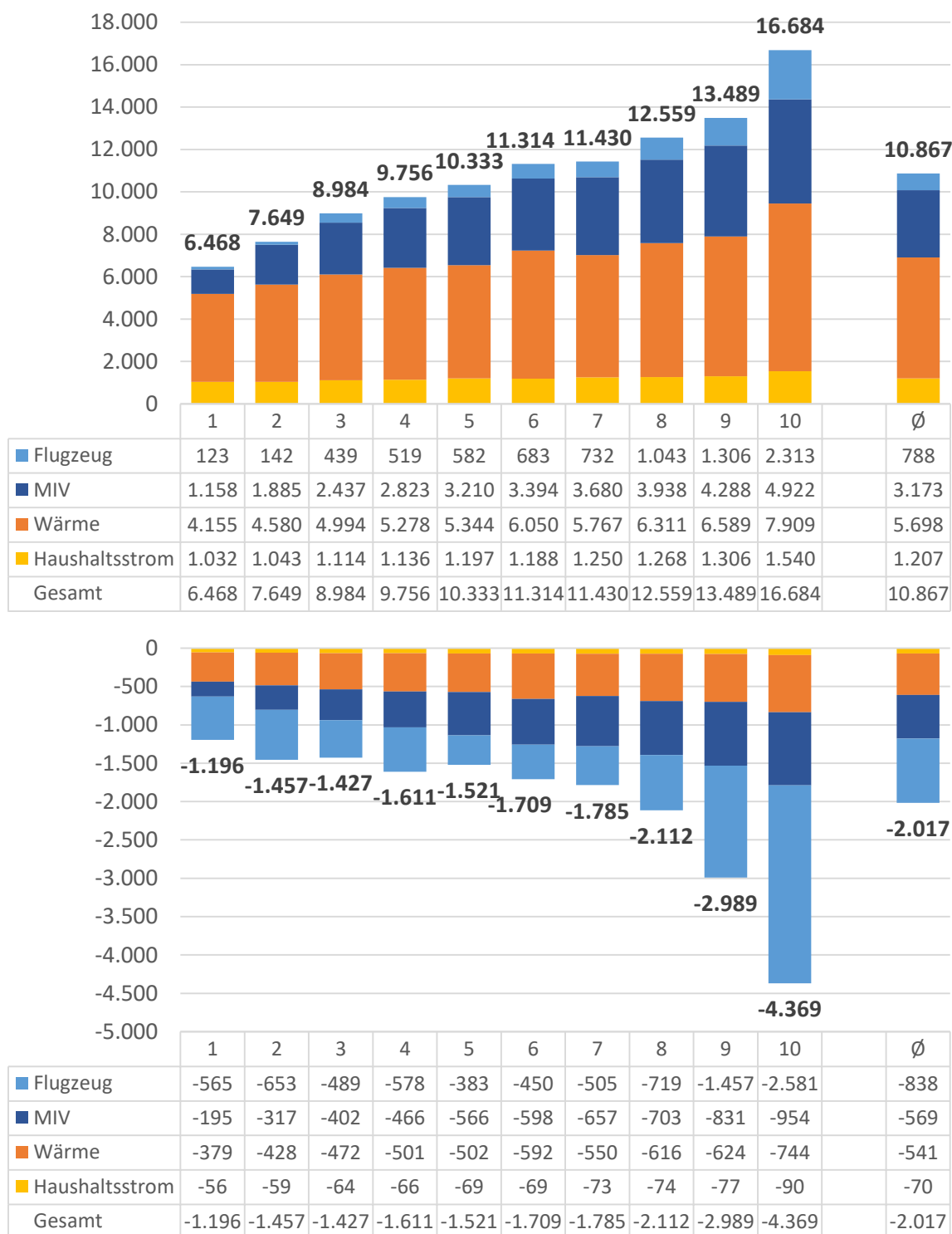
Die Auswirkungen der Internalisierung auf den Verbrauch ergeben sich allein aus den durch die Internalisierung ausgelösten Preisänderungen, die über die angenommenen Preiselastizitäten schließlich zu den Verbrauchsänderungen führen. Davon abgesehen werden sie ceteris paribus zur Situation im Jahr 2013 berechnet. Andere mögliche Änderungen – wie beispielweise ein durch die Preiserhöhung ausgelöster technischer Fortschritt, der zu effizienteren Geräten führt – werden nicht berücksichtigt. Gleiches gilt für die Emissionen und externen Kosten. Bei diesen werden allein die sich aus den Verbrauchsänderungen ergebenden Änderungen einbezogen. Wie auch schon beim Verbrauch werden

keine technologischen Änderungen berücksichtigt. Das heißt es wird mit den Emissionsfaktoren und externen Kostensätzen des Jahres 2013 gerechnet. Ebenfalls nicht berechnet werden möglicherweise durch die Preiserhöhung ausgelöste Umstiege auf andere Energieträger. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, dass die hier ausgewiesenen externen Kosten durch die vorgenommene Internalisierung vollständig internalisiert sind. Es liegen also keine Internalisierungslücken mehr vor.

#### 11.4.2 Kurze Frist

Der Energieverbrauch geht – ausgelöst durch die Preiserhöhungen (siehe Kapitel 11.2.2) – durch die Internalisierung der Internalisierungslücke im Vergleich zum Jahr 2013 in der kurzen Frist durchschnittlich um 2.017 kWh/P/a auf 10.867 kWh/P/a zurück, was einem Rückgang um 16% entspricht (siehe Schaubild 111). Dabei liegt sowohl der stärkste absolute als auch relative Rückgang im zehnten Dezil mit 4.369 kWh/P/a beziehungsweise 21% vor. Während bei den absoluten Rückgängen noch ein relativ klarer über die Dezile steigender Rückgang von 1.196 kWh/P/a im ersten bis zu den bereits erwähnten 4.369 kWh/P/a im zehnten Dezil zu erkennen ist, sieht es bei den relativen Rückgängen etwas anders aus. Hier liegt der Rückgang im ersten und zweiten Dezil bei 16%, fällt dann jedoch ab auf die minimalen Werte von 13% im fünften und sechsten Dezil, um dann wieder anzusteigen auf 21% im zehnten Dezil (siehe Tab. 106). Erklären lassen sich die dezilspezifischen Unterschiede bei den relativen Rückgängen zum allergrößten Teil durch die unterschiedlichen Verbrauchsrückgänge beim Flugzeug. Die Verbrauchsrückgänge sind im Flugbereich prozentual so unterschiedlich hoch, da die auf Basis der MiD2008 (Personenflugkilometer) und EVS2008 (Ausgaben für Flüge) berechneten Preise pro kWh deutlich unterschiedlich ausfallen (siehe Kapitel 11.2.2 und Tab. 97). Und da der Flugbereich mit durchschnittlich 42% für den Hauptteil des Verbrauchsrückgangs aller betrachteten Bereiche verantwortlich ist, führt dies zu den oben erwähnten Abweichungen zwischen den Dezilen bei den Verbrauchsrückgängen zwischen 13% und 21% (siehe Tab. 106).

**Schaubild 111: Bereichsspezifische Verbräuche nach der Internalisierung  
(kWh/P/a; oben: kurze Frist; unten: Unterschied kurze Frist zu 2013)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

**Tab. 106: Prozentuale Änderung des Verbrauchs durch Internalisierung (kurze Frist)**

Dezile	Haushaltsstrom	Wärme	MIV	Flugzeug	Gesamt
1	-5%	-8%	-14%	-82%	-16%
2	-5%	-9%	-14%	-82%	-16%
3	-5%	-9%	-14%	-53%	-14%
4	-5%	-9%	-14%	-53%	-14%
5	-5%	-9%	-15%	-40%	-13%
6	-5%	-9%	-15%	-40%	-13%
7	-6%	-9%	-15%	-41%	-14%
8	-6%	-9%	-15%	-41%	-14%
9	-6%	-9%	-16%	-53%	-18%
10	-6%	-9%	-16%	-53%	-21%
Ø	-5%	-9%	-15%	-52%	-16%

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Der Verbrauchsrückgang führt natürlich auch zu Rückgängen bei den Emissionen. Durch die Internalisierung der Internalisierungslücken ginge unter den getroffenen Annahmen der THG-Ausstoß in der kurzen Frist durchschnittlich um 626 kg CO<sub>2</sub>e/P/a auf 3.528 kg CO<sub>2</sub>e/P/a zurück (siehe Schaubild 112). Bei den THG-Emissionen zeigt sich in der kurzen Frist auch nach der Internalisierung ein monoton steigender Verlauf von 2.185 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im ersten Dezil bis auf 5.315 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im zehnten Dezil. Der kleinste Rückgang mit 376 kg CO<sub>2</sub>e/P/a ist dabei im ersten Dezil, der größte mit 1.353 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im zehnten Dezil zu beobachten. Mit durchschnittlich 276 kg CO<sub>2</sub>e/P/a ist der Flugbereich dabei für den Hauptteil der Emissionsrückgänge verantwortlich, gefolgt vom MIV mit 180 kg CO<sub>2</sub>e/P/a, der Wärme mit 141 kg CO<sub>2</sub>e/P/a und dem Haushaltsstrom mit 43 kg CO<sub>2</sub>e/P/a.<sup>130</sup>

Da keine Änderungen bei den Emissionsfaktoren vorgenommen wurden, sind die Emissionsrückgänge auf der Ebene der einzelnen Energieträger prozentual betrachtet identisch mit den Verbrauchsrückgängen (siehe Tab. 106). Für die aggregierten Bereiche „Wärme“ und „MIV“ sowie in der Gesamttaggregation weichen die Ergebnisse jedoch leicht ab (siehe Tab. 107). Bei Wärme und MIV liegen die Rückgänge durchschnittlich um 0,2 Prozenpunkte niedriger, bei den Gesamtemissionen sogar um 0,6 Prozentpunkte. Insgesamt betrachtet gegen die THG-Emissionen um 15% zurück, wobei mit 12% der niedrigste prozentuale Rückgang im fünften Dezil und der höchste Rückgang im zehnten Dezil mit 20% vorliegt.

<sup>130</sup> Aufgeteilt auf die einzelnen Energieträger sind die Emissionen aller betrachteten Schadstoffe in der kurzen Frist in Tab. 190 zu finden. Zum Vergleich sind die Emissionen des Jahres 2013 entsprechend aufgeteilt in Tab. 189 aufgeführt.

**Schaubild 112: THG-Emissionen nach der Internalisierung  
(kg/P/a; oben: kurze Frist; unten: Unterschied kurze Frist zu 2013)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung



**Tab. 107: Prozentuale Änderung der THG-Emissionen durch Internalisierung (kurze Frist)**

Dezile	Haushaltsstrom	Wärme	MIV	Flugzeug	Gesamt
1	-5%	-8%	-14%	-82%	-15%
2	-5%	-8%	-14%	-82%	-15%
3	-5%	-8%	-14%	-53%	-13%
4	-5%	-8%	-14%	-53%	-14%
5	-5%	-8%	-15%	-40%	-12%
6	-5%	-9%	-15%	-40%	-13%
7	-6%	-8%	-15%	-41%	-13%
8	-6%	-9%	-15%	-41%	-14%
9	-6%	-8%	-16%	-53%	-18%
10	-6%	-8%	-16%	-53%	-20%
Ø	-5%	-8%	-15%	-52%	-15%

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Die über alle betrachteten Bereiche aggregierten Emissionsänderungen sind für die einzelnen Schadstoffe in Tab. 108 aufgeführt. Bezogen auf den Durchschnitt schwanken die Rückgänge in einem Bereich zwischen minimal 8% bei NH<sub>3</sub> und maximal 22% bei SO<sub>2</sub>. Die unterschiedlichen Rückgänge kommen dadurch zu Stande, dass die betrachteten Energieträger unterschiedliche Emissionsfaktoren aufweisen. Eine energieträgerspezifische Aufteilung der Emissionen ist für alle Schadstoffe im Anhang in Tab. 190 aufgeführt.

**Tab. 108: Prozentuale Änderung der Emissionen durch Internalisierung (kurze Frist)**

Dezile	CO <sub>2</sub> e	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub> (bei MIV nur Abrieb)	nur MIV: Auspuff: PM <sub>2.5</sub>	nur MIV: Sonstiges: PM <sub>2.5</sub>	NMVOC	NH <sub>3</sub>
1	-15%	-27%	-27%	-14%	-18%	-14%	-20%	-7%
2	-15%	-25%	-27%	-15%	-18%	-14%	-19%	-8%
3	-13%	-19%	-21%	-13%	-18%	-14%	-16%	-8%
4	-14%	-20%	-22%	-14%	-18%	-14%	-16%	-8%
5	-12%	-17%	-18%	-13%	-18%	-15%	-16%	-8%
6	-13%	-17%	-18%	-13%	-18%	-15%	-16%	-8%
7	-13%	-18%	-19%	-14%	-18%	-15%	-16%	-8%
8	-14%	-19%	-21%	-14%	-18%	-15%	-17%	-9%
9	-18%	-25%	-27%	-16%	-19%	-16%	-20%	-8%
10	-20%	-28%	-31%	-18%	-19%	-16%	-22%	-8%
Ø	-15%	-22%	-24%	-15%	-18%	-15%	-18%	-8%

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Die durch die Internalisierung ausgelösten Emissionsminderungen führen dazu, dass sich auch die externen Kosten reduzieren. Im Durchschnitt nehmen diese in der kurzen Frist um 172 €/P/a ab und lie-

gen damit bei durchschnittlich 694 €/P/a (siehe Schaubild 113). Der Rückgang im Vergleich zur Situation vor der Internalisierung liegt bei 20% (siehe Tab. 109). Am stärksten ist sowohl der prozentuale als auch der absolute Rückgang beim Flugzeug. Bei diesem gehen die externen Kosten um durchschnittlich 97 €/P/a zurück, was einer Verminderung um 52% entspricht. In den anderen Bereichen ist der prozentuale Rückgang deutlich geringer: Beim MIV liegt er bei 14%, bei der Wärme bei 9% und beim Haushaltsstrom bei 5%.

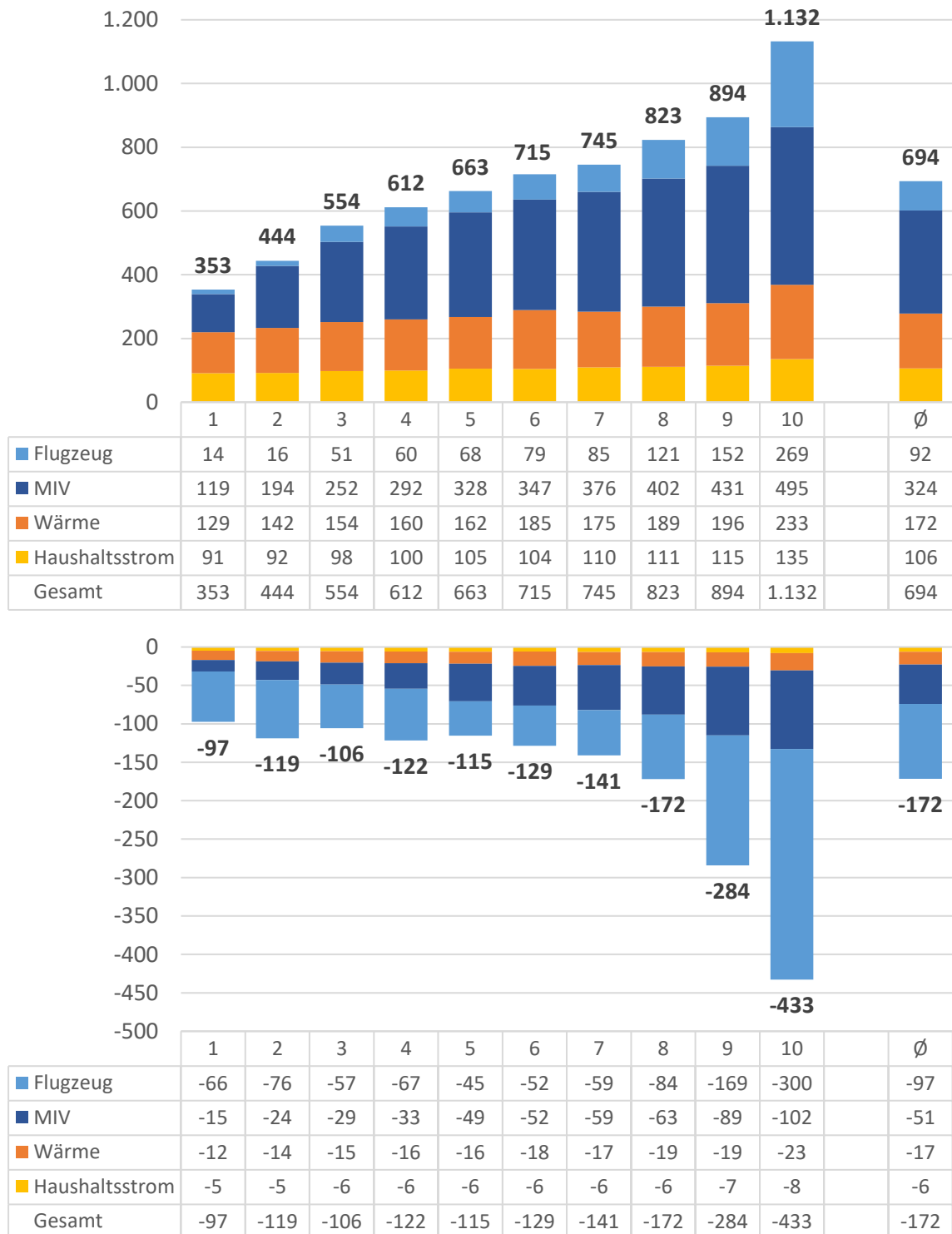
Bei der einkommensspezifischen Betrachtung zeigt sich, dass die prozentuale Minderung vom ersten Dezil (-22%) in der Tendenz bis zum fünften Dezil (-15%) zurückgeht, im sechsten Dezil kurz stagniert und dann wieder ansteigt bis zum Maximalwert von 28% im zehnten Dezil. Dieser Verlauf ist vor allem auf die (angenommenen) unterschiedlichen Anpassungsreaktionen im Flugverkehr zurückzuführen. Absolut betrachtet ist die Reduktion der externen Kosten durch die Internalisierung im zehnten Dezil mit 433 €/P/a mit Abstand am höchsten und im ersten Dezil mit 97 €/P/a am geringsten.

**Tab. 109: Prozentuale Änderung der externen Kosten durch Internalisierung (kurze Frist)**

Dezile	Haushaltsstrom	Wärme	MIV	Flugzeug	Gesamt
<b>1</b>	-5%	-9%	-11%	-82%	-22%
<b>2</b>	-5%	-9%	-11%	-82%	-21%
<b>3</b>	-5%	-9%	-10%	-53%	-16%
<b>4</b>	-5%	-9%	-10%	-53%	-17%
<b>5</b>	-5%	-9%	-13%	-40%	-15%
<b>6</b>	-5%	-9%	-13%	-40%	-15%
<b>7</b>	-6%	-9%	-14%	-41%	-16%
<b>8</b>	-6%	-9%	-14%	-41%	-17%
<b>9</b>	-6%	-9%	-17%	-53%	-24%
<b>10</b>	-6%	-9%	-17%	-53%	-28%
<b>Ø</b>	-5%	-9%	-14%	-52%	-20%

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung*

**Schaubild 113: Externe Kosten nach der Internalisierung  
(€/P/a; oben: kurze Frist; unten: Unterschied kurze Frist zu 2013)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

### 11.4.3 Lange Frist

In der langen Frist fallen laut der Berechnungen die Verbräuche durch die Internalisierung um durchschnittlich 3.621 kWh/P/a auf 9.263 kWh/P/a (siehe Schaubild 114). Dabei fällt der Rückgang streng monoton von 1.787 kWh/P/a im ersten Dezil auf 7.659 kWh/P/a im zehnten Dezil.

Die Verbrauchsrückgänge in der langen Frist unterscheiden sich von denen der kurzen Frist in der Berechnung allein durch die verwendeten Preiselastizitäten. Zum einen sind diese deutlich höher als in der kurzen Frist, zum anderen unterscheiden sich diese nun dezilspezifisch voneinander, wobei eine mit dem Nettoäquivalenzeinkommen steigende Elastizität angenommen wird (siehe Tab. 105 und zur Begründung Kapitel 11.3.4).

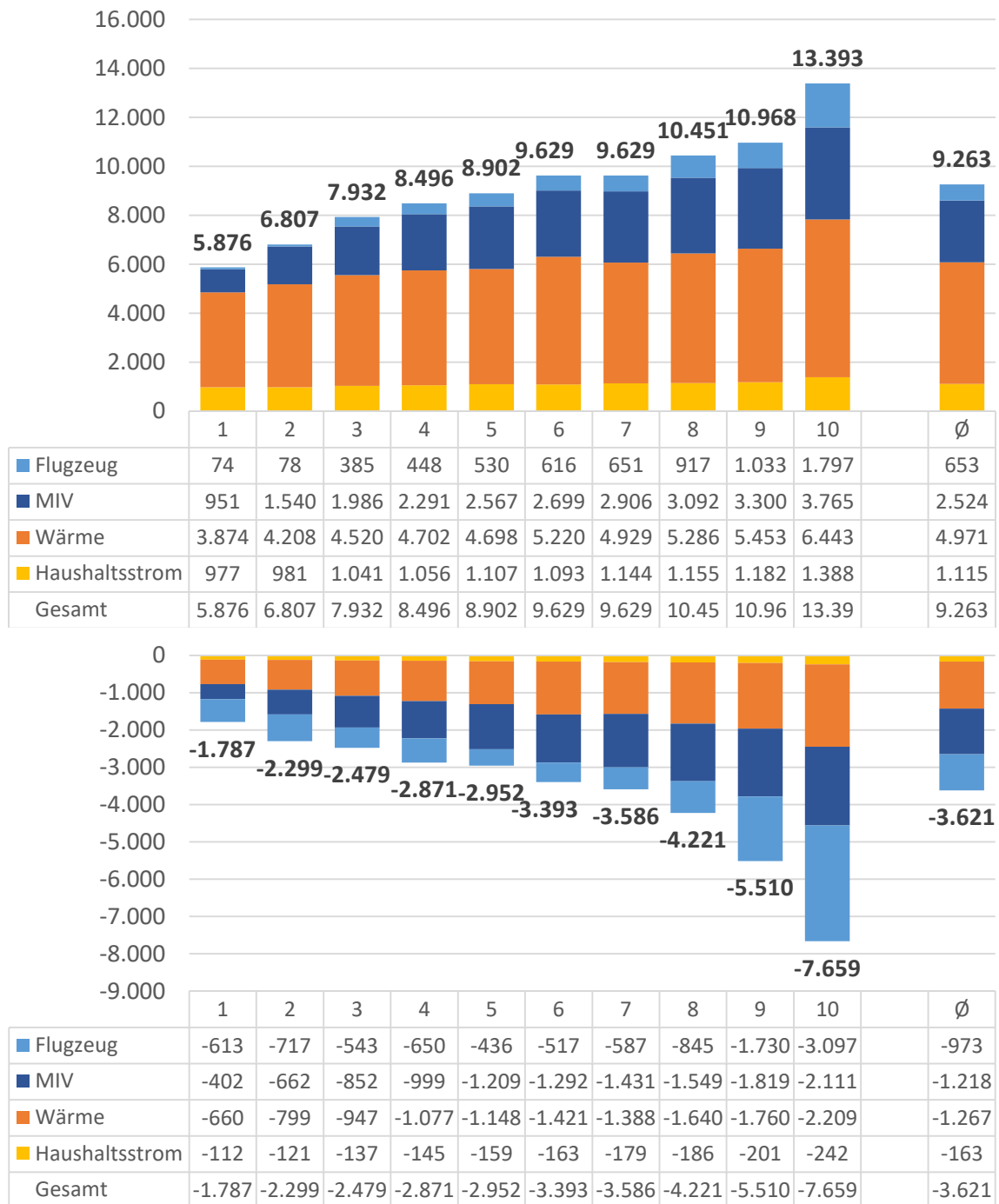
Das führt im Vergleich zur kurzen Frist dazu, dass die Verbrauchsrückgänge nun höher ausfallen. So liegt diese im Durchschnitt mit 13% beim Haushaltsstrom, 20% im Wärmebereich und 33% beim MIV mehr als doppelt so hoch wie in der kurzen Frist (siehe Tab. 110).<sup>131</sup> Im Flugbereich ist der Unterschied nicht ganz so hoch mit 60% in der langen und 52% in der kurzen Frist. Das liegt daran, dass die angenommene langfristige durchschnittliche Preiselastizität im Flugbereich mit -0,40 relativ nah an der kurzfristigen (-0,35) liegt (zur Begründung siehe Kapitel 11.3.3). Durchschnittlich beträgt der Verbrauchsrückgang nun 28% und beträgt damit das 1,8-fache der kurzen Frist (16%).

Da die Preiselastizitäten nun anders als in der kurzen Frist über die Dezile elastischer werden, steigen in der langen Frist zum anderen die Verbrauchsrückgänge über die Dezile an. Dies gilt zumindest für die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und MIV. Beim Haushaltsstrom steigen die Rückgänge monoton von 10% im ersten auf 15% im zehnten Dezil an, im Wärmebereich von 15% auf 26% und beim MIV von 30% auf 36%. Beim Flugzeug überwiegen die bereits bei der kurzen Frist erläuterten Preisunterschiede (siehe Kapitel 11.2.2), weswegen der Rückgang in den ersten beiden Dezilen mit 89% beziehungsweise 90% weiterhin am höchsten ist. Insgesamt betrachtet steigen die Verbrauchsrückgänge nun monoton – mit einer kleinen Ausnahme im dritten Dezil – von 23% im ersten auf 36% im zehnten Dezil an.

---

<sup>131</sup> Zur besseren Übersichtlichkeit wird hier allein auf die aggregierten Bereiche eingegangen. Die Verbräuche und Preise der einzelnen Energieträger nach der Internalisierung in der langen Frist sind im Anhang in Tab. 188 und Tab. 186 zu finden.

**Schaubild 114: Bereichsspezifische Verbräuche nach der Internalisierung  
(kWh/P/a; oben: lange Frist; unten: Unterschied lange Frist zu 2013)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

**Tab. 110: Prozentuale Änderung des Verbrauchs durch Internalisierung (lange Frist)**

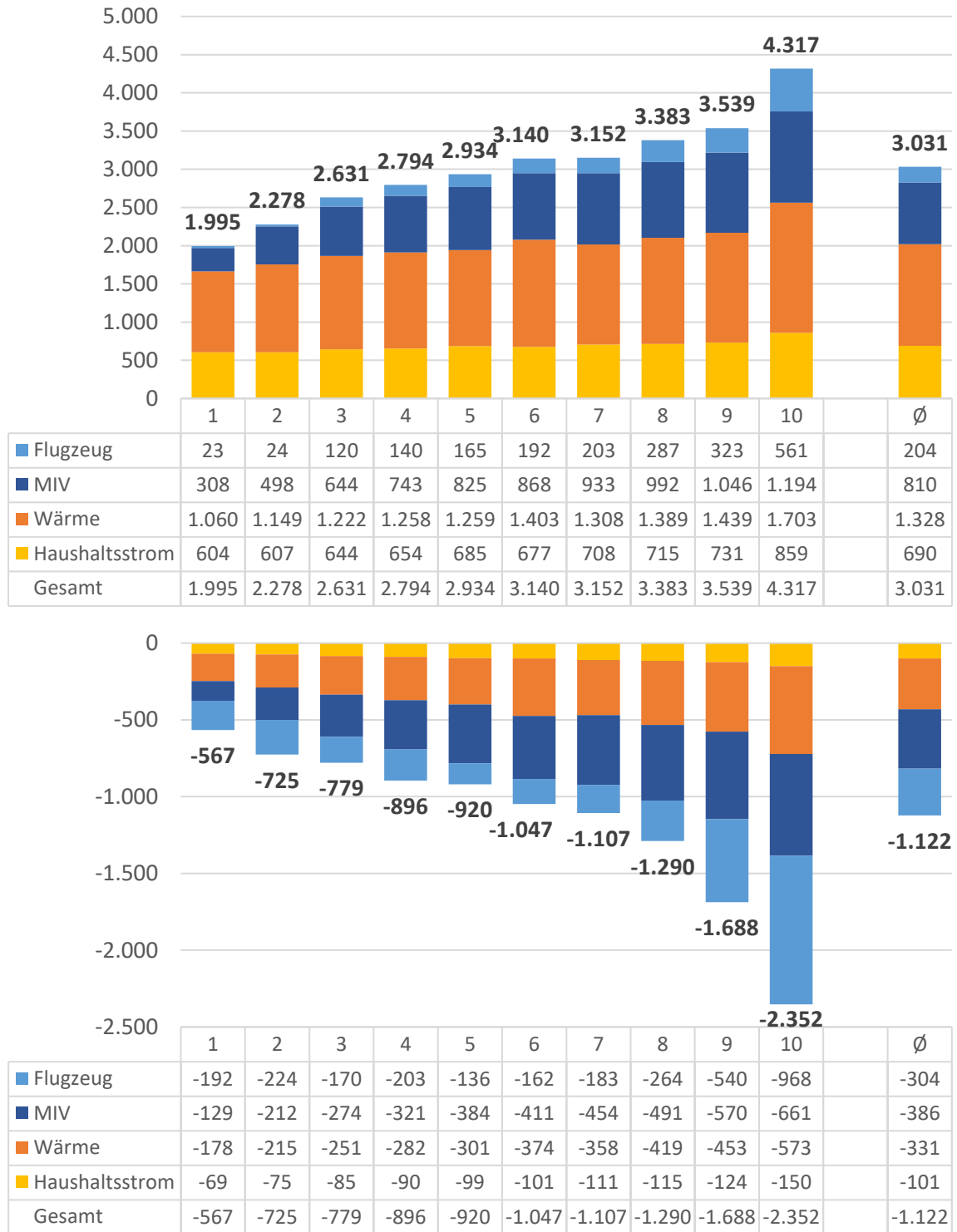
Dezile	Haushalts- strom	Wärme	MIV	Flugzeug	Gesamt
<b>1</b>	-10%	-15%	-30%	-89%	-23%
<b>2</b>	-11%	-16%	-30%	-90%	-25%
<b>3</b>	-12%	-17%	-30%	-59%	-24%
<b>4</b>	-12%	-19%	-30%	-59%	-25%
<b>5</b>	-13%	-20%	-32%	-45%	-25%
<b>6</b>	-13%	-21%	-32%	-46%	-26%
<b>7</b>	-14%	-22%	-33%	-47%	-27%
<b>8</b>	-14%	-24%	-33%	-48%	-29%
<b>9</b>	-15%	-24%	-36%	-63%	-33%
<b>10</b>	-15%	-26%	-36%	-63%	-36%
<b>Ø</b>	<b>-13%</b>	<b>-20%</b>	<b>-33%</b>	<b>-60%</b>	<b>-28%</b>

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung*

In der langen Frist gehen die THG-Emissionen im Vergleich zum Jahr 2013 durch die Internalisierung durchschnittlich um 1.122 kg CO<sub>2</sub>e/P/a zurück (siehe Schaubild 115). Das entspricht einem Rückgang von 27%. Dabei vergrößert sich der Rückgang mit den Dezilen monoton von 567 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im ersten Dezil bis auf 2.352 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im zehnten Dezil. Wie schon in der kurzen Frist entsprechen auch in der langen Frist auf der Ebene der Energieträger die prozentualen Emissionsrückgänge den jeweiligen prozentualen Verbrauchsrückgängen. In der aggregierten Bereichssicht weichen die Ergebnisse wieder leicht voneinander ab. Durchschnittlich werden in der Gesamtsicht nun statt der 28% beim Energieverbrauch „nur“ 27% der THG-Emissionen eingespart, da die Verbrauchsrückgänge verstärkt in den vergleichsweise etwas weniger emissionsintensiven Bereichen stattfinden.<sup>132</sup>

<sup>132</sup> Aufgeteilt auf die einzelnen Energieträger sind die Emissionen aller betrachteten Schadstoffe in der langen Frist in Tab. 191 zu finden. Zum Vergleich sind die Emissionen des Jahres 2013 entsprechend aufgeteilt in Tab. 189 aufgeführt.

**Schaubild 115: THG-Emissionen nach der Internalisierung**  
(kg/P/a; oben: lange Frist; unten: Unterschied lange Frist zu 2013)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

**Tab. 111: Prozentuale Änderung der THG-Emissionen durch Internalisierung (lange Frist)**

Dezile	Haushalts- strom	Wärme	MIV	Flugzeug	Gesamt
<b>1</b>	-10%	-14%	-29%	-89%	-22%
<b>2</b>	-11%	-16%	-30%	-90%	-24%
<b>3</b>	-12%	-17%	-30%	-59%	-23%
<b>4</b>	-12%	-18%	-30%	-59%	-24%
<b>5</b>	-13%	-19%	-32%	-45%	-24%
<b>6</b>	-13%	-21%	-32%	-46%	-25%
<b>7</b>	-14%	-22%	-33%	-47%	-26%
<b>8</b>	-14%	-23%	-33%	-48%	-28%
<b>9</b>	-15%	-24%	-35%	-63%	-32%
<b>10</b>	-15%	-25%	-36%	-63%	-35%
<b>Ø</b>	<b>-13%</b>	<b>-20%</b>	<b>-32%</b>	<b>-60%</b>	<b>-27%</b>

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Die über alle betrachteten Bereiche aggregierten Emissionsänderungen sind für die einzelnen Schadstoffe in Tab. 112 aufgeführt. Bezogen auf den Durchschnitt schwanken die Rückgänge in einem Bereich zwischen minimal 19% bei  $\text{NH}_3$  und maximal 37% bei  $\text{NO}_x$ . Die von einander abweichenden Rückgänge kommen zustande, da die betrachteten Energieträger unterschiedliche Emissionsfaktoren aufweisen. Eine energieträgerspezifische Aufteilung der Emissionen ist für alle Schadstoffe im Anhang in Tab. 191 aufgeführt.

**Tab. 112: Prozentuale Änderung der Emissionen durch Internalisierung (lange Frist)**

Dezile	CO <sub>2</sub> e	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub> (bei MIV nur Abrieb)	nur MIV: Auspuff: PM <sub>2.5</sub>	nur MIV: Sonstiges: PM <sub>2.5</sub>	NMVOC	NH <sub>3</sub>
<b>1</b>	-22%	-37%	-36%	-23%	-35%	-29%	-31%	-14%
<b>2</b>	-24%	-37%	-37%	-25%	-36%	-30%	-32%	-16%
<b>3</b>	-23%	-32%	-31%	-25%	-36%	-30%	-30%	-18%
<b>4</b>	-24%	-33%	-33%	-26%	-36%	-30%	-30%	-19%
<b>5</b>	-24%	-31%	-30%	-27%	-37%	-32%	-31%	-19%
<b>6</b>	-25%	-32%	-31%	-28%	-38%	-32%	-31%	-19%
<b>7</b>	-26%	-33%	-32%	-29%	-38%	-33%	-32%	-20%
<b>8</b>	-28%	-34%	-34%	-30%	-39%	-33%	-33%	-21%
<b>9</b>	-32%	-41%	-42%	-33%	-40%	-35%	-38%	-21%
<b>10</b>	-35%	-44%	-46%	-35%	-40%	-36%	-40%	-21%
<b>Ø</b>	<b>-27%</b>	<b>-36%</b>	<b>-37%</b>	<b>-29%</b>	<b>-38%</b>	<b>-32%</b>	<b>-33%</b>	<b>-19%</b>

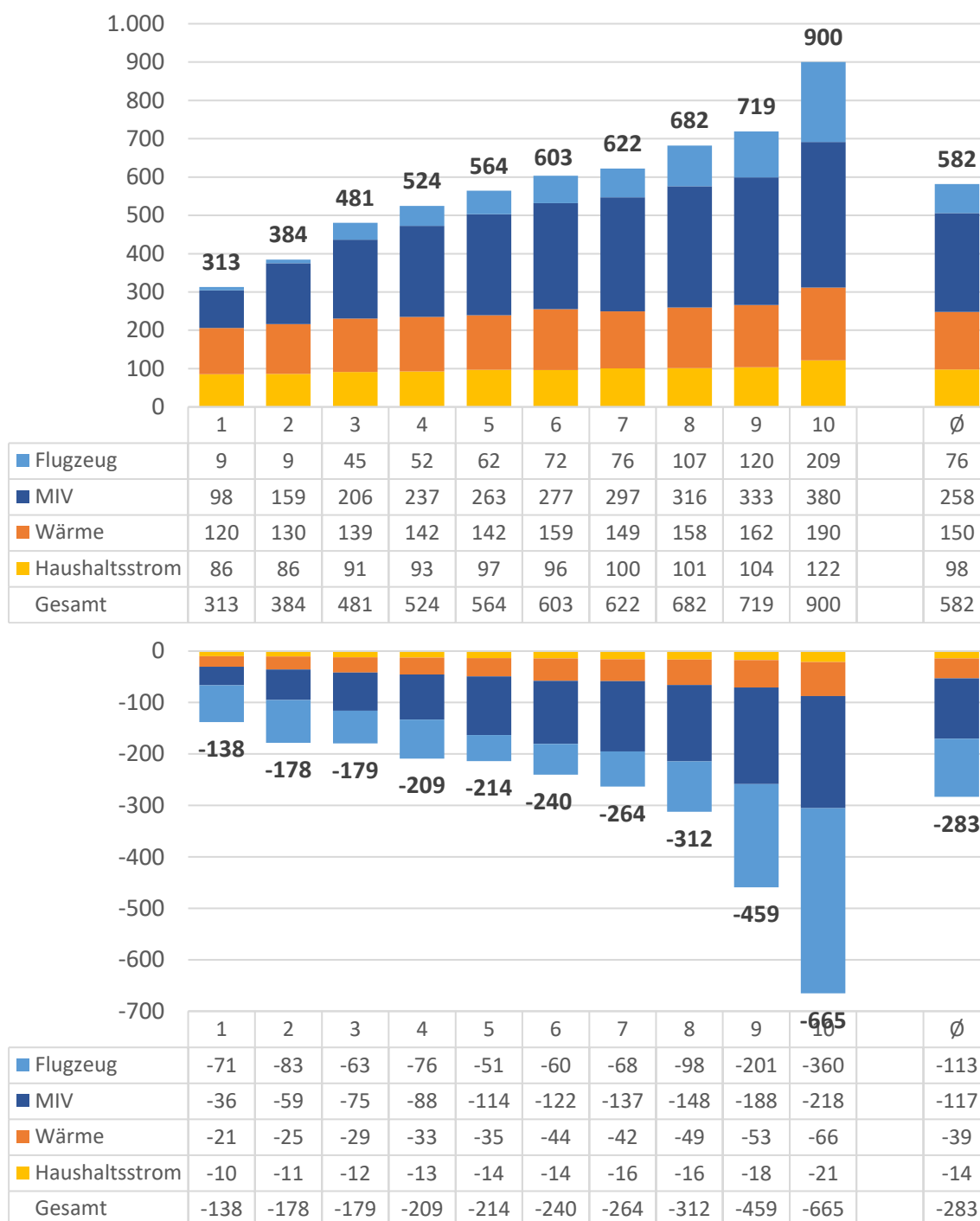
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Die externen Kosten gehen durch die Internalisierungsmaßnahmen in der langen Frist um durchschnittlich 283 €/P/a auf 582 €/P/a zurück (siehe Schaubild 116). Das entspricht im Vergleich zum Jahr



2013 einem Rückgang um 33% (siehe Tab. 113). Mit einem Rückgang von 60% ist die Verminderung beim Flugzeug mit Abstand am größten. Es folgen der MIV mit einem durchschnittlichen Rückgang von 31%, die Wärme mit 21% und schließlich der Haushaltsstrom mit 13%. Absolut und relativ gesehen ist der Rückgang mit 900 Euro und 42% im zehnten Dezil am größten. Am kleinsten ist er aus relativer Sicht im dritten und fünften Dezil mit jeweils 27%, aus absoluter Sicht im ersten Dezil mit einem Rückgang um 138 Euro.

**Schaubild 116: Externe Kosten nach der Internalisierung**  
(€/P/a; oben: lange Frist; unten: Unterschied lange Frist zu 2013)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

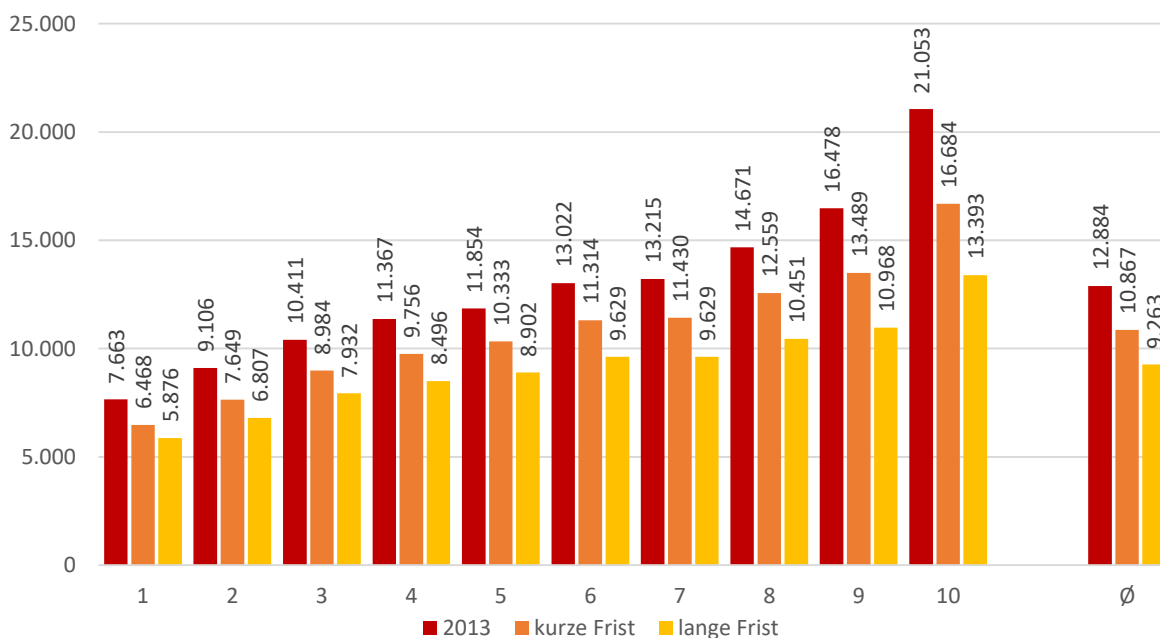
**Tab. 113: Prozentuale Änderung der externen Kosten durch Internalisierung (kurze Frist)**

Dezile	Haushalts- strom	Wärme	MIV	Flugzeug	Gesamt
1	-10%	-15%	-27%	-89%	-31%
2	-11%	-16%	-27%	-90%	-32%
3	-12%	-17%	-27%	-59%	-27%
4	-12%	-19%	-27%	-59%	-28%
5	-13%	-20%	-30%	-45%	-27%
6	-13%	-22%	-31%	-46%	-28%
7	-14%	-22%	-32%	-47%	-30%
8	-14%	-24%	-32%	-48%	-31%
9	-15%	-25%	-36%	-63%	-39%
10	-15%	-26%	-36%	-63%	-42%
Ø	-13%	-21%	-31%	-60%	-33%

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

#### 11.4.4 Vergleich

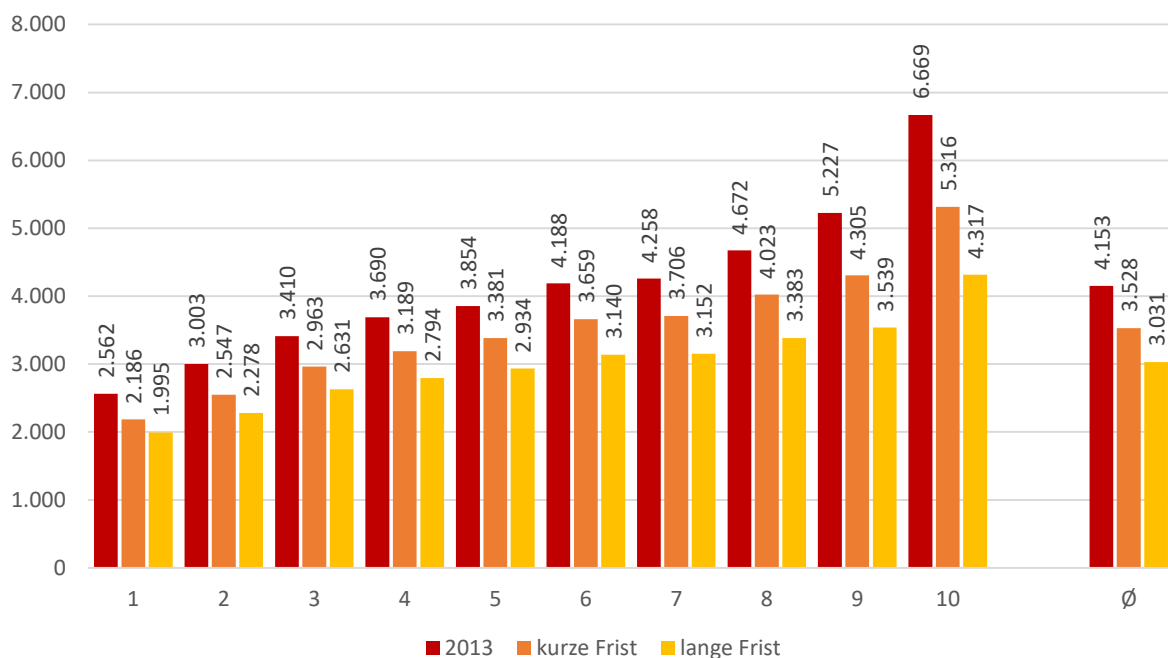
In Schaubild 117 sind die aggregierten Energieverbräuche der betrachteten Bereiche (Strom, Wärme, MIV, Flugzeug) im Jahr 2013, sowie nach der Internalisierung in der kurzen und in der langen Frist abgetragen. Durchschnittlich gehen die Verbräuche von 12.884 kWh im Jahr 2013 durch die Internalisierung (*ceteris paribus*) in der kurzen Frist auf 10.867 kWh (-16%) und in der langen Frist auf 9.263 kWh (-28%) zurück. Da die durch die Internalisierung ausgelösten Verbrauchsrückgänge im ersten Dezil kleiner sind als im zehnten Dezil, fällt das Verhältnis des Energieverbrauchs zwischem zehnten und ersten Dezil von 2,7 im Jahr 2013 auf 2,6 in der kurzen Frist und 2,3 in der langen Frist.

**Schaubild 117: Vergleich der aggregierten Energieverbräuche nach der Internalisierung (kWh/P/a)**

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

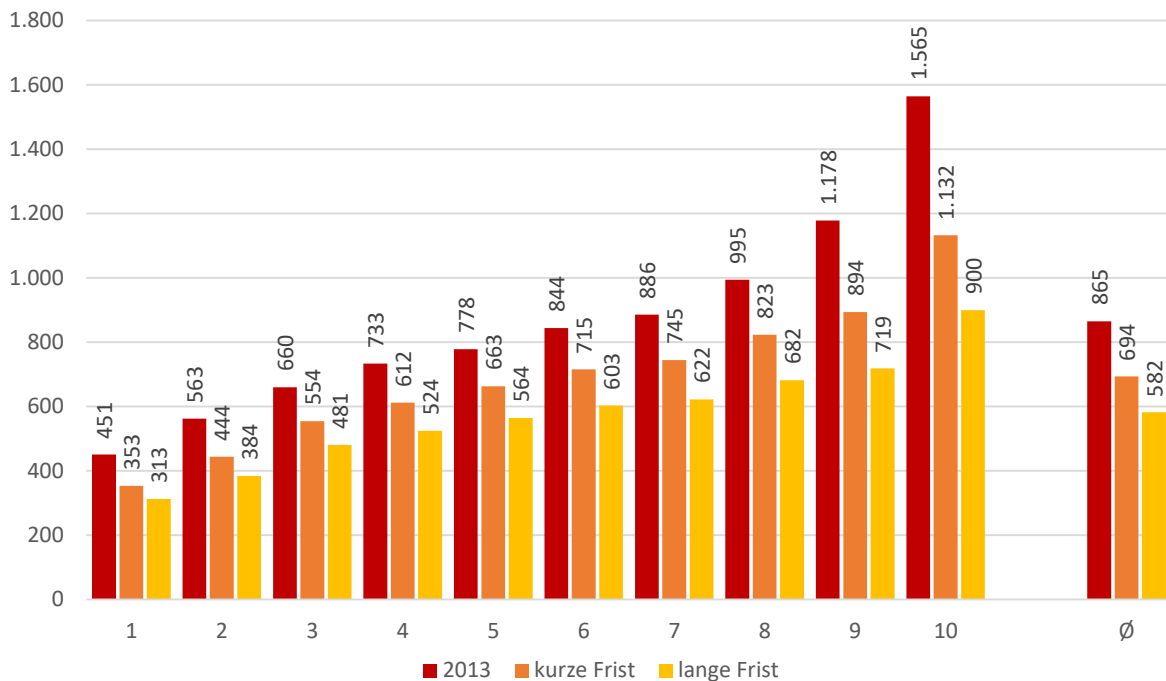
In Schaubild 118 sind die aggregierten THG-Emissionen der betrachteten Bereiche (Strom, Wärme, MIV, Flugzeug) im Jahr 2013, sowie nach der Internalisierung in der kurzen und in der langen Frist abgetragen. Durchschnittlich gehen die Emissionen von 4.153 kg CO<sub>2</sub>e/P/a im Jahr 2013 durch die Internalisierung (ceteris paribus) in der kurzen Frist auf 3.528 kg CO<sub>2</sub>e/P/a (-15%) und in der langen Frist auf 3.031 kg CO<sub>2</sub>e/P/a (-27%) zurück. Da die durch die Internalisierung ausgelösten Emissionsrückgänge im ersten Dezil kleiner sind als im zehnten Dezil (siehe Kapitel 11.4.2 und 11.4.3), fällt das Verhältnis zwischen zehnten und ersten Dezil von 2,6 im Jahr 2013 auf 2,4 in der kurzen Frist und auf 2,2 in der langen Frist.

**Schaubild 118: Vergleich der aggregierten THG-Emissionen nach der Internalisierung (kWh/P/a)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Vergleicht man die externen Kosten, so zeigt sich, dass diese durch die Internalisierung von 865 €/P/a in der kurzen Frist auf 694 €/P/a (-20%) und in der langen Frist sogar auf 582 €/P/a (-33%) absinken (siehe Schaubild 119). Damit sind die Rückgänge bei den externen Kosten höher als bei den THG-Emissionen und den Verbräuchen. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass von der Internalisierung der externen Kosten Energieträger/Verkehrsmittel mit hohen externen Kosten am meisten betroffen sind und deren Nutzung deswegen stärksten eingeschränkt wird. Es ist also der gewünschte ökologische Lenkungseffekt zu beobachten.

**Schaubild 119: Vergleich der aggregierten externen Kosten nach der Internalisierung (€/P/a)**

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

## 11.5 Berechnung der finanziellen Belastungswirkungen (Schritt 13)

### 11.5.1 Vorbemerkungen

Mit den durch die Internalisierung verursachten Verbrauchseinsparungen gehen gleichzeitig auch die Energiekosten in gleichem Umfang zurück. Diese Energiekosteneinsparungen werden hier jedoch nicht berücksichtigt, da angenommen wird, dass diese Einsparungen durch Mehrkosten an anderer Stelle (zum Beispiel bei der Anschaffung von effizienteren Geräten) ausgeglichen werden. Es wird also unterstellt, dass es sich sowohl in der derzeitigen Situation als auch in der Situation nach der Internalisierung um rational handelnde Individuen handelt, die ihre Ausgaben entsprechend der neuen Situation optimieren. Das entspricht zwar nicht unbedingt der Realität, stellt mit den zur Verfügung stehenden Daten jedoch die einzige Möglichkeit dar. Übrig bleiben nach der Optimierung also „nur“ die neu hinzugekommenen internalisierten externen Kosten, die bislang nicht der jeweilige Verbraucher, sondern die Allgemeinheit tragen musste.<sup>133</sup>

<sup>133</sup> Wobei für eine vollständige Berechnung auch berücksichtigt werden müsste, wer diese Kosten bislang getragen hat, wer also negativ von den Umweltwirkungen betroffen war. Dies war in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht möglich. Beim Klimawandel ist anzunehmen, dass die Kosten zum größten Teil außerhalb Deutschlands auftreten. Bei den Luftschadstoffen wird hingegen der Großteil der Schäden innerhalb Deutschlands auftreten. Eine stärkere Belastung ärmerer Haushalte durch die Emissionen wäre insofern logisch, als dass diese nicht die finanziellen Mittel besitzen den negativen Umwelteinflüssen (zum Beispiel durch die Wahl eines verkehrsberuhigten Wohngebietes) auszuweichen. Einen Überblick über den Forschungsstand bezüglich der sozialen Verteilung der Umweltqualität beziehungsweise den negativen Umweltwirkungen bietet beispielsweise die Studie von (Pye et al. 2008: 10-25).

Nun könnte angenommen werden, dass die Internalisierungskosten möglicherweise teilweise auch über den Kauf effizienterer Geräte und Verhaltensänderungen zu einem günstigeren Preis als dem der Internalisierungslücke vermieden werden könnten. In eine solche Richtung deuten beispielsweise Untersuchungen für den PKW-Bereich (Held und Haubach 2015).<sup>134</sup> Diese ergaben, dass im Vergleich mit den drei meist neuzugelassenen PKW durch den Kauf vergleichbarer umweltfreundlicherer Modelle 20% der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden könnten und dies sogar gleichzeitig mit 11% geringeren Kosten verbunden wäre (Methode A) (Held und Haubach 2015: 46). Allerdings werden bei diesem Vergleich verschiedene Automarken und Modelle miteinander verglichen und obwohl auf eine möglichst große Vergleichbarkeit geachtet wurde, konnten zum Beispiel Aspekte wie die Verarbeitungsqualität nur bedingt (über die Werkstattkosten) und der Faktor Prestige gar nicht erfasst werden. Aber auch ein Vergleich innerhalb desselben konkreten Modells (zum Beispiel VW Golf) ergab, dass durch die konsequente Nutzung der zur Verfügung stehenden umweltfreundlichen Technologien im Vergleich zu den meistverkauften Ausstattungen CO<sub>2</sub>-Einsparungen in Höhe von 13% und Kosteneinsparungen in Höhe von 7% realisiert werden könnten (Methode B) (Held und Haubach 2015: 46). Allerdings muss man einschränkend hinzufügen, dass diese Berechnungen nur für eine jährliche Kilometerfahrleistung von 15.000 km sowie den Neukauf des Fahrzeugs mit anschließender Haltedauer von 4 Jahren gelten. Außerdem wurden für die Berechnungen die offiziellen Verbrauchs- und Emissionsdaten der Fahrzeughersteller verwendet, die wiederum auf dem „Neuen europäischen Test-Fahrzyklus“ (NEFZ) beruhen und dessen Ergebnisse, wie inzwischen allgemein bekannt ist, mit den realen Fahrbedingungen oft nur wenig zu tun haben.<sup>135</sup>

Aufgrund dieser Unsicherheiten und auch fehlender Daten zu den anderen Energiebereichen, werden hier keine Annahmen bezüglich bislang nicht ausgeschöpfter Effizienz- und damit möglicher Einsparpotenziale getroffen. Insofern können die im Anschluss vorgestellten finanziellen Belastungen eher als über- als unterschätzend angesehen werden. Allerdings hängen diese natürlich auch entscheidend von

<sup>134</sup> Der hier zitierte Beitrag und die beiden in Fußnote 135 erwähnten Aufsätze wurden von Christian Haubach und dem Autor der vorliegenden Arbeit im Rahmen des Projekts WaPrUmKo verfasst. Durch dieses Projekt konnten auch einige wertvolle Erkenntnisse für die vorliegende Arbeit gewonnen werden.

<sup>135</sup> In allgemeiner Form wird der Frage, ob ökologischer Konsum teurer ist als konventioneller, und wie dies über einen ökologischen Verbraucherpreisindex erfasst werden könnte, in einem Aufsatz von Haubach und Held (2015) nachgegangen. Konkret durchgeführt wurde in dieser Veröffentlichung die Berechnung eines ökologischen Preisindex für den (hier nicht berücksichtigten) Lebensmittelbereich. Dort ergab sich für den Bereich „Nahrungsmittel und alkoholfreie Getränke“ ein ökologischer Preisindex von 183, das heißt, dass bei einem Umstieg von bislang rein konventionellen Lebensmittel auf (vom Markenwert vergleichbare) Lebensmittel mit Bio-Siegel der durchschnittliche Verbraucher 83% mehr zahlen müsste als zuvor (Haubach und Held 2015: 51). Einkommensspezifische Auswertungen ergaben, dass die Mehrkosten innerhalb des Lebensmittelbereichs dabei zwischen den Dezilen kaum abweichen. Da allerdings der Anteil, der für Lebensmittel ausgegeben wird mit dem Einkommen abnimmt, führt ein Umstieg im Lebensmittelbereich auf Bio-Lebensmittel in einkommensschwachen Haushalten zu deutlich höheren Kostensteigerungen (Held und Haubach 2017: 23).

den angenommenen Preiselastizitäten ab. Unter anderem deswegen werden mit der kurzen und langen Frist zwei Varianten berechnet, wobei die kurze Frist neben der zeitlichen Dimension auch als Variante mit niedrigeren und die lange als Variante mit höheren Preiselastizitäten angesehen werden kann. Zusätzlich wird in Form einer Szenariorechnung auch noch eine Variante mit einer angenommenen Preiselastizität von 0 vorgestellt (siehe Kapitel 12.3), um so eine möglichst große Bandbreite möglicher Anpassungsreaktionen abzudecken.

Ansonsten werden die Berechnungen – abgesehen von den durch die Preiserhöhung und über die Preiselastizitäten vermittelten Verbrauchsänderungen – *ceteris paribus* zu den Verhältnissen des Jahres 2013 berechnet. Neben den bereits beim Verbrauch und den Emissionen erwähnten Variablen bezieht sich dies insbesondere auf die Einkommen, für die angenommen wird, dass sie denen des Jahres 2013 entsprechen.

### **11.5.2 Kurze Frist**

In Schaubild 120 sind die finanziellen Belastungen sowohl energieträger- als auch bereichsspezifisch abgebildet. Bei den durch die Internalisierung der bestehenden Internalisierungslücke ausgelösten finanziellen Belastungswirkungen zeigt sich in der kurzen Frist in der Gesamtbetrachtung ein streng monoton steigender Verlauf von 293 €/P/a im ersten Dezil bis auf 1.086 €/P/a im zehnten Dezil. Damit zahlt das zehnte Dezil 3,7-mal so viel wie das erste Dezil. Das Verhältnis von zehntem zu erstem Dezil ist dabei vor allem deswegen deutlich höher als beim Verbrauch und den Emissionen, weil die Internalisierungslücke im Flugverkehr besonders hoch ausfällt (siehe Kapitel 9.9.1) und in diesem Bereich die Verbräuche besonders stark über die Dezile ansteigen. Durchschnittlich beträgt die finanzielle Belastung 619 €/P/a.

Für die meisten Energieträger zeigt sich ein relativ klarer über die Dezile steigender Verlauf. Auffällige Ausnahmen bilden die Energieträger Fernheizung, Heizstrom und MIV Benzin. Die Fernheizung ist der einzige Energieträger, wo sich ein klarer negativer Zusammenhang zwischen finanzieller Belastung und Nettoäquivalenzeinkommen zeigt: Die finanzielle Belastung fällt vom Maximalwert von 38 €/P/a im ersten Dezil beinahe monoton auf den Minimalwert von 17 €/P/a im neunten Dezil. Im zehnten Dezil liegt sie mit 19 €/P/a wieder leicht höher als im neunten Dezil, beträgt aber nur die Hälfte des ersten Dezils. Erklären lässt sich dies, da Fernheizungen laut der eigenen Auswertungen vor allem in Haushalten mit niedrigeren Einkommen eingesetzt werden, was vermutlich damit zusammenhängt, dass Fernheizungen hauptsächlich in Mehrfamilienhäusern eingesetzt werden. Beim Heizstrom zeigt sich kein klarer Trend, die finanziellen Belastungen liegen über die Dezile verteilt zwischen 7 und 9 €/P/a. Bei MIV Benzin zeigt sich bis zum achten Dezil ein streng monoton steigender Verlauf von 61 €/P/a bis auf 181 €/P/a. Im neunten Dezil fällt der Wert jedoch relativ deutlich ab auf 150 €/P/a und liegt im zehnten Dezil mit 173 €/P/a auch noch unter dem Wert des achten Dezils. Erklären lässt sich dies mit der auf

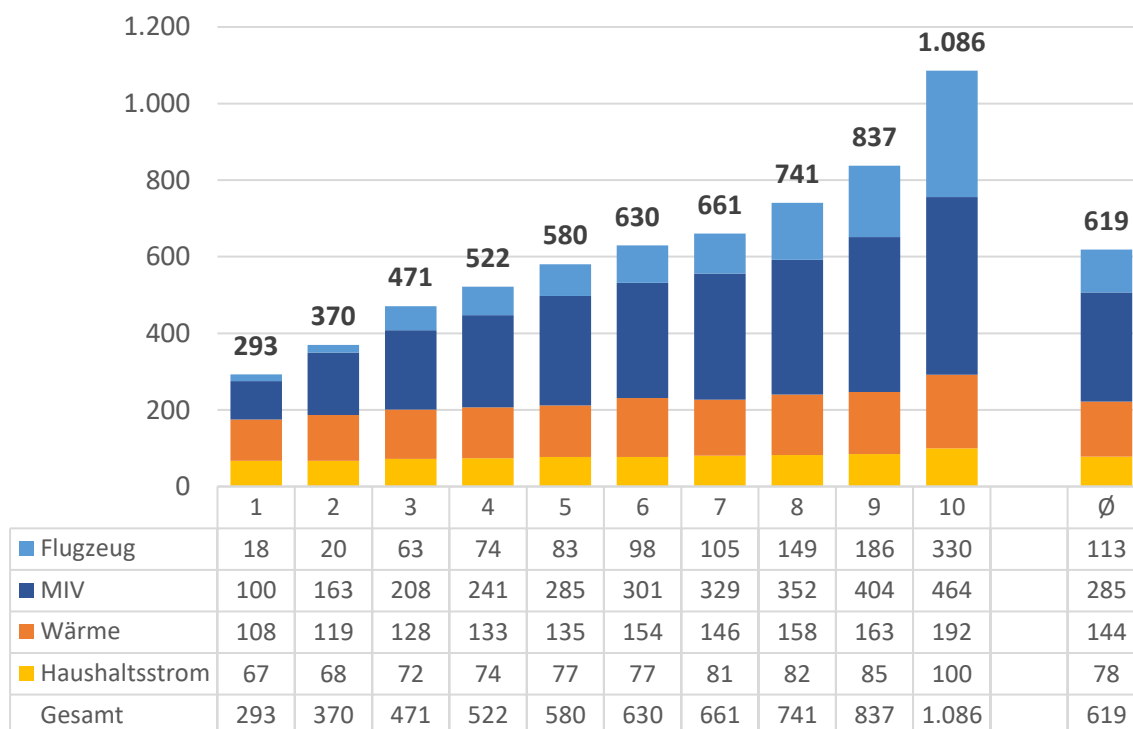
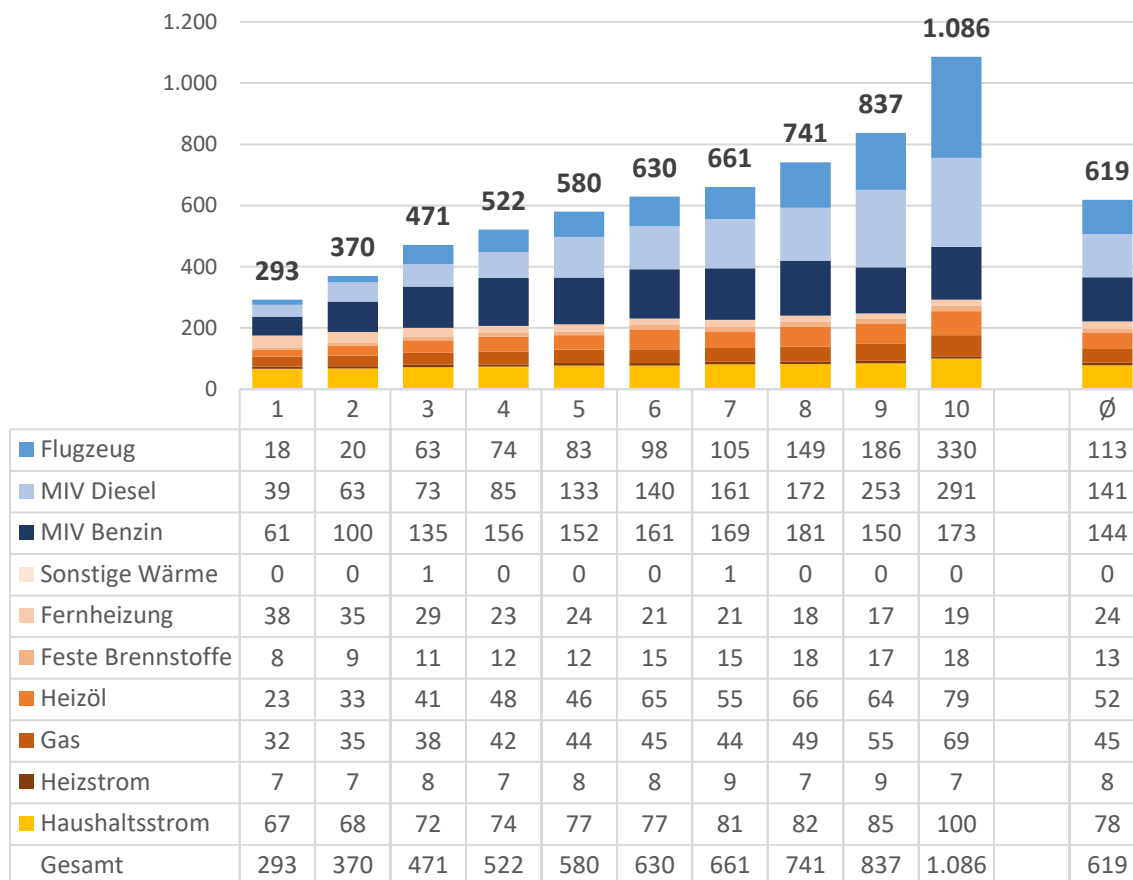
den Auswertungen der MiD2008 beruhenden Aufteilung der (undifferenzierten) Kraftstoffausgaben der EVS in Diesel und Benzin. Dabei zeigte sich mit 49% im fünften Quintil (9. und 10. Dezil) der mit Abstand niedrigste Benzin-Anteil (siehe Tab. 63).

Denn aggregiert man die Positionen MIV Benzin und MIV Diesel, so zeigt sich für den MIV insgesamt ein streng monoton steigender Verlauf bezüglich der finanziellen Belastungen von 100 €/P/a im ersten Dezil bis auf 464 €/P/a im zehnten Dezil. Damit müsste das zehnte Dezil beim MIV 4,6-mal mehr zahlen als das erste Dezil. Noch deutlicher fällt der positive Zusammenhang beim Bereich Flugzeug aus: Bei diesem steigen die finanziellen Belastungen streng monoton von 18 €/P/a im ersten Dezil bis auf 330 €/P/a im zehnten Dezil. Damit würde das zehnte Dezil 18,9-mal so stark belastet wie das erste Dezil. Im Wärmebereich und beim Haushaltsstrom fallen die Unterschiede niedriger aus. Im Wärmebereich steigt die finanzielle Belastung streng monoton von 108 €/P/a im ersten auf 192 €/P/a im zehnten Dezil und beträgt damit im zehnten Dezil das 1,8-fache des ersten Dezils. Beim Haushaltsstrom steigt die Belastung monoton von 67 €/P/a im ersten auf 100 €/P/a im zehnten Dezil und beträgt damit im zehnten Dezil das 1,5-fache des ersten Dezils. Insgesamt ergibt sich so der bereits zu Beginn dieses Kapitels erwähnte streng monoton steigende Verlauf über die Dezile von 293 €/P/a im ersten auf 1.086 €/P/a im zehnten Dezil und ein Verhältnis des zehnten zum ersten Dezil von 3,7.

Den größten Anteil an den durchschnittlichen finanziellen Belastungen von 619 €/P/a macht der MIV mit 46% aus, gefolgt vom Wärmebereich mit 23%, dem Flugzeug mit 18% und dem Haushaltsstrom mit 13%. Dabei weichen die Anteile über die Dezile deutlich voneinander ab. Im ersten Dezil liegt der Wärmebereich mit einem Anteil von 37% an den finanziellen Gesamtbelastungen von 293 €/P/a auf dem ersten Platz, gefolgt vom MIV mit 34%, dem Haushaltsstrom mit 23% und dem Flugzeug mit 6%. Demgegenüber liegt im zehnten Dezil der MIV mit einem Anteil von 43% an den finanziellen Gesamtbelastungen von 1.086 €/P/a auf dem ersten Platz, gefolgt vom Flugzeug mit 30%, dem Wärmebereich mit 18% und dem Haushaltsstrom mit 9%. Dies wird vor allem durch die deutlich unterschiedlichen Energieverbrauchsanteile ausgelöst (siehe Kapitel 11.4.2).

Um das geschätzte Gesamtvolumen der finanziellen Belastungen zu berechnen, wird der Pro-Kopf-Wert mit der Bevölkerungszahl Deutschlands multipliziert. Zieht man dafür die Bevölkerung des Jahres 2013 – also dem den Berechnungen wegen der EVS2013 zu Grunde gelegtem Jahr – von 80,646 Mio. Personen heran (Statistisches Bundesamt 2017c), so ergibt sich eine finanzielle Gesamtbelastung von 49,9 Mrd. €/a.

**Schaubild 120: Finanzielle Belastungen durch Internalisierung in der kurzen Frist  
(€/P/a; oben: energieträgerspezifisch; unten: bereichsspezifisch)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

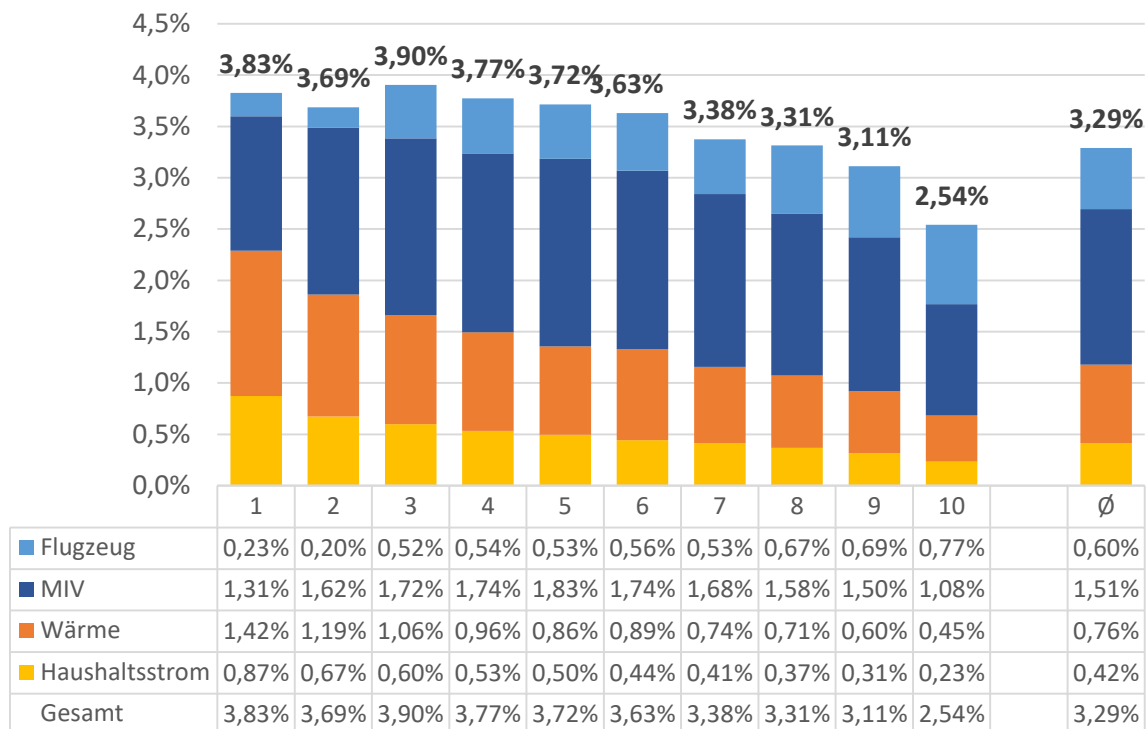


In der absoluten Betrachtungsweise zeigt sich also insgesamt ein über die Dezile und damit mit dem Nettoäquivalenzeinkommen steigender Trend der finanziellen Belastungen durch die Internalisierung. Um Aussagen über die relativen Belastungswirkungen treffen zu können, werden die absoluten Werte nun in Beziehung zum Nettoeinkommen gesetzt. Wie in Schaubild 121 zu sehen ist, ergibt sich dadurch ein deutlich anderes Bild, nämlich eine höhere Belastung der ärmeren Haushalte. Die relativ gesehen höchste Belastung tritt im dritten Dezil mit 3,90% des Nettoeinkommens auf, der zweithöchste Wert mit 3,83% im ersten Dezil. Nach dem dritten Dezil fällt die Belastung streng monoton ab bis zum Minimalwert von 2,54% im zehnten Dezil. Besonders auffällig ist hier der große Rückgang um 0,57 Prozentpunkte vom neunten auf das zehnte Dezil.

Bezüglich der Forschungsfrage 1a, also der Frage nach den Belastungswirkungen einer Internalisierung der Internalisierungslücke aus der Bruttoperspektive – also ohne Berücksichtigung der Einnahmenverwendung – lässt sich also festhalten, dass diese in der aggregierten Betrachtung eindeutig regressiv sind, die Belastungswirkung der Internalisierung in der Bruttoperspektive also mit zunehmenden Einkommen zurückgeht. Betrachtet man die einzelnen Bereiche separat, so zeigt sich jedoch schon ein etwas differenzierteres Bild: Beim Haushaltsstrom und im Wärmebereich zeigen sich eindeutig regressive Belastungswirkungen. So fällt die relative Belastung beim Haushaltsstrom streng monoton von 0,87% auf 0,23% und bei der Wärme von 1,42% auf 0,45%. Anders beim MIV: Hier steigt die Belastung zunächst von 1,31% im ersten Dezil streng monoton auf 1,83% im fünften Dezil um dann streng monoton auf 1,08% im zehnten Dezil abzufallen. Beim MIV würde also vor allem die Mittelschicht stark belastet. Die Ergebnisse für Haushaltsstrom, Wärme und MIV stimmen damit bezüglich ihrer Aussagen zur Regressivität mit den Berechnungen von Flues und Thomas (2015) zu den finanziellen Belastungswirkungen der Energiebesteuerung in Deutschland überein (siehe Schaubild 13). Beim Flugzeug zeigen die eigenen Auswertungen hingegen eine progressive Belastungswirkung: Zwar ist diese nicht absolut eindeutig, aber in der Tendenz zeigt sich eine Steigerung der finanziellen Belastung von 0,23% im ersten auf 0,77% im zehnten Dezil. Eine ausführliche Auseinandersetzung mit der Forschungsfrage 1a, die auch die Ergebnisse der noch folgenden Kapitel mit aufnimmt, wird in Kapitel 15.1.2 vorgenommen und präsentiert.

Bislang wurden nur die Belastungswirkungen der Internalisierung betrachtet. Durch die Internalisierung entstehen, bei entsprechender Ausgestaltung, jedoch auch Einnahmen. Welche Nettoverteilungswirkungen sich ergeben, wenn man den Ökobonus zur Einnahmenverwendung einsetzt, wird in Kapitel 11.6 vorgestellt. Im Folgenden wird aber zunächst auf die Ergebnisse der langen Frist eingegangen.

**Schaubild 121: Finanzielle Belastungen durch Internalisierung in der kurzen Frist  
(€/P/a; % an Nettoeinkommen)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

### 11.5.3 Lange Frist

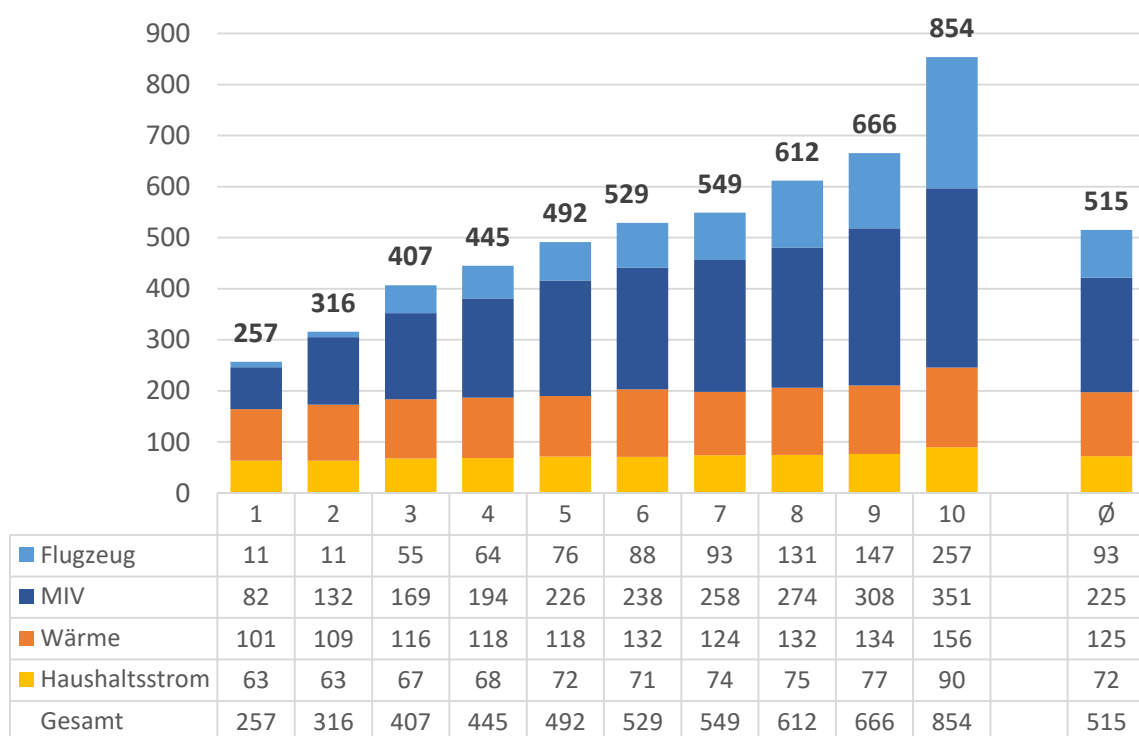
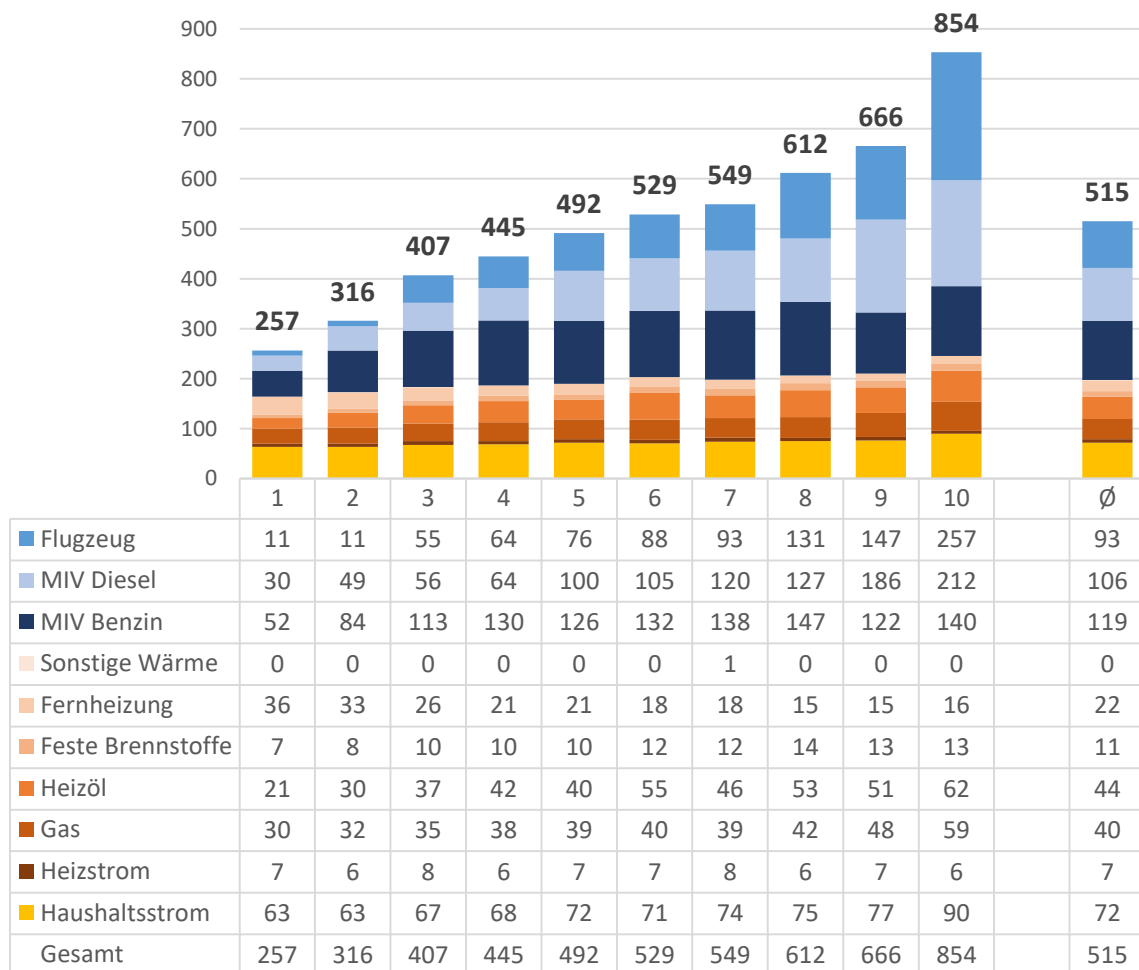
In der langen Frist liegen die durchschnittlichen finanziellen Belastungen bei 515 €/P/a (siehe Schaubild 122). Dabei steigen die Belastungen streng monoton an von 257 €/P/a im ersten auf 854 €/P/a im zehnten Dezil. Damit müsste das zehnte Dezil 3,3-mal mehr zahlen als das erste Dezil. Wie in der kurzen Frist zeigen sich auch in der langen Frist bei den Energieträgern Fernheizung, Heizstrom und MIV Benzin Abweichungen vom ansonsten über die Dezile steigenden Trend. Bei der Fernheizung zeigt sich ein fallender Zusammenhang von 36 €/P/a im ersten Dezil auf 16 €/P/a im zehnten Dezil. Die finanziellen Belastungen beim Heizstrom liegen ohne klaren Trend zwischen 6-8 €/P/a. Bei MIV Benzin steigt die Belastung zunächst streng monoton von 52 €/P/a im ersten auf 147 €/P/a im achten Dezil an, um dann im neunten Dezil auf 122 €/P/a zu fallen. Betrachtet man die finanziellen Belastungen bereichsspezifisch, so zeigen die Bereiche MIV und Flugzeug einen streng monoton steigenden Verlauf. Beim Flugzeug steigt die Belastung von 11 €/P/a im ersten Dezil auf 257 €/P/a im zehnten Dezil an. Damit müsste das zehnte Dezil das 24,2-fache des ersten Dezils bezahlen. Im Vergleich zur kurzen Frist hat sich das Verhältnis damit sogar noch erhöht. Erklären lässt sich dies damit, dass die durch die Internalisierung ausgelöste Preiserhöhung prozentual gesehen deutlich höher in den unteren Dezilen ist (siehe Tab. 98), die in der langen Frist höhere Preiselastizität deswegen also auch größere Auswirkungen auf die unteren Dezile hat. Beim MIV steigt die Belastung streng monoton von 82 €/P/a auf 351 €/P/a, womit das zehnte Dezil 4,3-fach mal stärker als das erste Dezil belastet würde. Bei der Wärme und

dem Haushaltsstrom liegen zwar jeweils immer noch klar steigende Zusammenhänge vor, diese sind jedoch nicht mehr ganz monoton. Bei der Wärme steigt die Belastung von 101 €/P/a im ersten auf 156 €/P/a im zehnten Dezil im Trend an, wobei im siebten Dezil ein Rückgang um 8 €/P/a zu verzeichnen ist. Trotzdem müsste das zehnte Dezil etwa 1,5-mal so viel zahlen wie das erste Dezil. Beim Haushaltsstrom steigt die Belastung über die Dezile im Trend von 63 €/P/a auf 90 €/P/a an, wobei im sechsten Dezil ein Rückgang von einem €/P/a festzustellen ist. Das zehnte Dezil müsste 1,4-mal so viel zahlen wie das erste Dezil.

Den größten Anteil an den durchschnittlichen finanziellen Belastungen von 515 €/P/a macht der MIV mit 44% aus, gefolgt vom Wärmebereich mit 24%, dem Flugzeug mit 18% und dem Haushaltsstrom mit 14%. Dabei weichen die Anteile über die Dezile deutlich voneinander ab. Im ersten Dezil liegt der Wärmebereich mit einem Anteil von 39% an den finanziellen Gesamtbelastungen von 257 €/P/a auf dem ersten Platz, gefolgt vom MIV mit 32%, dem Haushaltsstrom mit 25% und dem Flugzeug mit 4%. Demgegenüber liegt im zehnten Dezil der MIV mit einem Anteil von 41% an den finanziellen Gesamtbelastungen von 854 €/P/a auf dem ersten Platz, gefolgt vom Flugzeug mit 30%, dem Wärmebereich mit 18% und dem Haushaltsstrom mit 11%. Dies wird vor allem durch die deutlich unterschiedlichen Energieverbrauchsanteile ausgelöst (siehe Kapitel 11.4.2).

Um das geschätzte Gesamtvolumen der finanziellen Belastungen zu berechnen, wird der Pro-Kopf-Wert mit der Bevölkerungszahl Deutschlands multipliziert. Zieht man dafür die Bevölkerung des Jahres 2013 – also dem den Berechnungen wegen der EVS2013 zu Grunde gelegtem Jahr – von 80,646 Mio. Personen heran Statistisches Bundesamt 2017c, so ergibt sich eine finanzielle Gesamtbelastung von 41,5 Mrd. €/a.

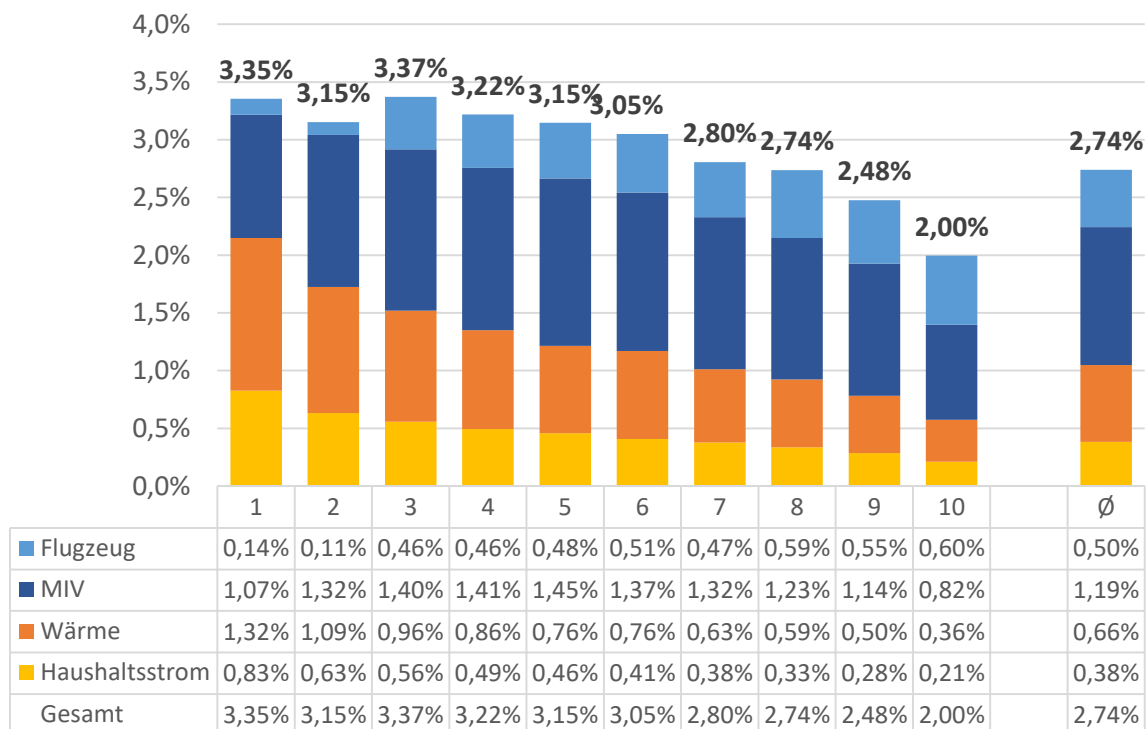
**Schaubild 122: Finanzielle Belastungen durch Internalisierung in der langen Frist  
(€/P/a; oben: energieträgerspezifisch; unten: bereichsspezifisch)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Blickt man auf die Belastungswirkungen relativ zum Nettoeinkommen (siehe Schaubild 123), so zeigt sich in der Tendenz ein über die Dezile hinweg fallender Zusammenhang. Zwar liegt die maximale Belastung mit 3,37% im dritten Dezil etwas höher als im ersten Dezil (3,35%), danach fällt die relative Belastung jedoch streng monoton auf nur noch 2,00% im zehnten Dezil. Es herrscht also in der Gesamtbetrachtung ein regressiver Belastungszusammenhang vor. Wie schon in der kurzen Frist zeigt sich dabei, dass in den Bereichen Haushaltsstrom und Wärme die Belastung monoton über die Dezile abfällt, während sie beim MIV in den mittleren Dezilen ihre Höchstwerte erreicht und beim Flugzeug ein in der Tendenz steigender Verlauf zu erkennen ist.

**Schaubild 123: Finanzielle Belastungen durch Internalisierung in der langen Frist  
(€/P/a; % an Nettoeinkommen)**



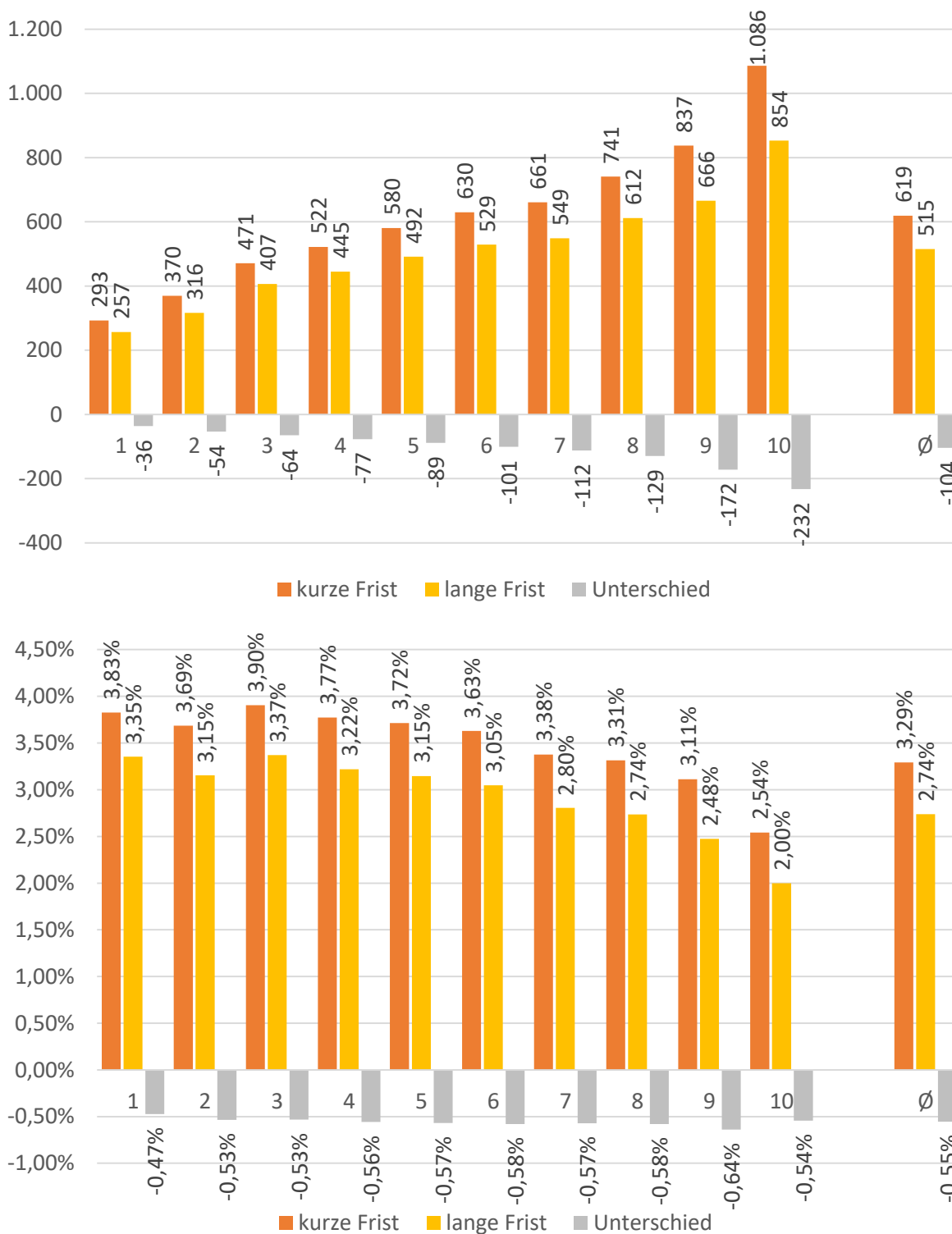
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

#### 11.5.4 Vergleich

In Schaubild 124 werden die finanziellen Belastungswirkungen der Internalisierung in der kurzen und langen Frist sowohl absolut als auch als Anteil am Nettoeinkommen miteinander verglichen. Da in der langen Frist aufgrund der angenommenen höheren Preiselastizitäten höhere Verbrauchsrückgänge prognostiziert werden, liegen die finanziellen Belastungen entsprechend niedriger als in der kurzen. Im Durchschnitt betragen sie mit 515 €/P/a in der langen Frist 104 €/P/a weniger. Der Rückgang steigt dabei absolut betrachtet streng monoton über die Dezile an von 36 €/P/a im ersten auf 232 €/P/a im zehnten Dezil. Relativ betrachtet liegt der Unterschied zwischen langer und kurzer Frist durchschnittlich bei -0,55%, wobei der kleinste relative Rückgang im ersten Dezil mit -0,47% und der größte relative Rückgang mit 0,64% im neunten Dezil auftritt. Dass es dezilspezifische Differenz bei den relativen Unterschieden

zwischen kurzer und langer Frist gibt, liegt zum einen an den in der langen Frist im Gegensatz zur kurzen Frist dezielspezifischen Preiselastizitäten (siehe Tab. 105) und zum anderen an den dezielspezifisch unterschiedlichen Zusammensetzungen der Energieverbräuche (siehe Schaubild 111 und Schaubild 114).

**Schaubild 124: Vergleich der finanziellen Belastungswirkungen nach der Internalisierung**  
(oben: €/P/a; unten: % des Nettoeinkommens)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

## 11.6 Berechnung der finanziellen Nettoverteilungswirkungen des Ökobonus (Schritt 14)

### 11.6.1 Vorbemerkungen

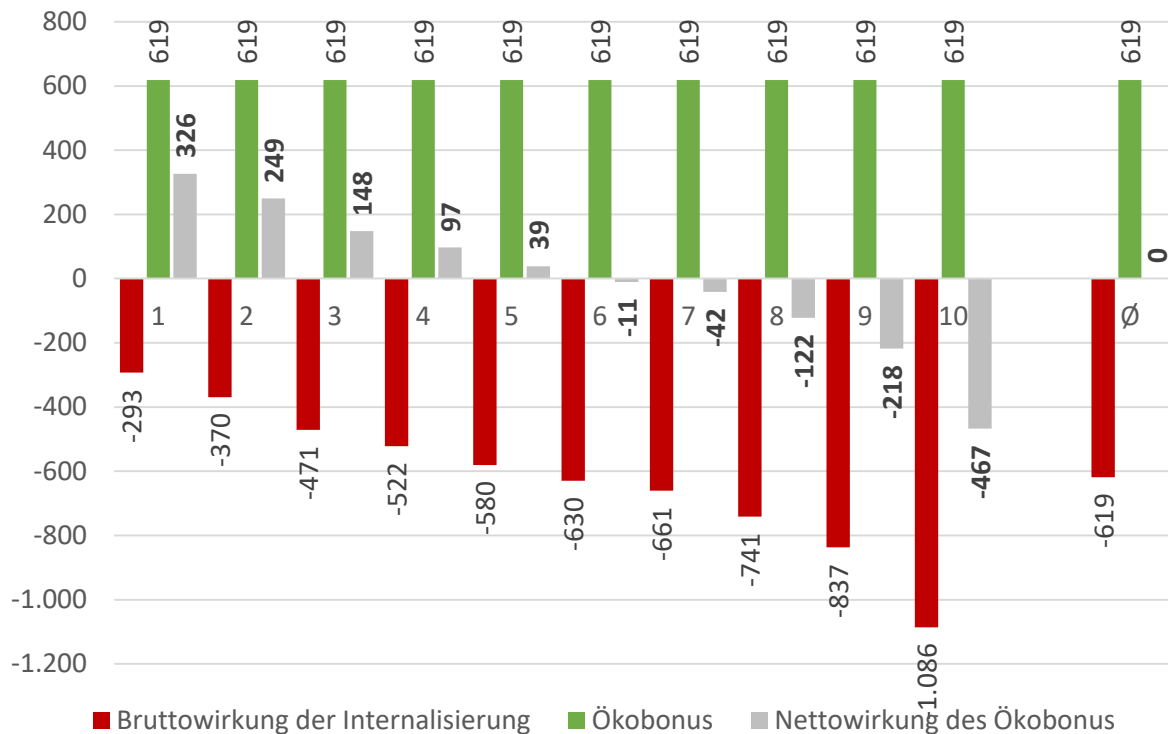
In diesem Kapitel werden nun als finaler Schritt die Nettoverteilungswirkungen der Internalisierung bei Einsatz des Ökobonus – verkürzt im Sinne einer besseren Lesbarkeit als Nettowirkung des Ökobonus bezeichnet – berechnet. Die Höhe des Ökobonus ergibt sich dabei direkt aus den durchschnittlichen Einnahmen der Internalisierung des jeweiligen Energieträgers. Seine Nettowirkung ergibt sich, wenn man von den positiven Verteilungswirkungen des Ökobonus die finanziellen Belastungswirkungen der Internalisierung abzieht.

Natürlich ist bei der Auszahlung des Ökobonus und der Durchführung der Internalisierung mit einem gewissen Verwaltungsaufwand und damit verbundenen Kosten zu rechnen. Solche Kosten werden hier jedoch nicht berücksichtigt. Die Höhe des Ökobonus entspricht also den durchschnittlichen finanziellen Belastungen der Internalisierung. Damit wird implizit die Position vertreten, dass solche Erhebungs- und Auszahlungskosten – soweit sie auftreten – aus dem Gesamthaushalt finanziert werden müssten.

### 11.6.2 Kurze Frist

In Schaubild 125 sind die über alle betrachteten Energiebereiche aggregierten finanziellen Wirkungen der Internalisierung des Ökobonus dargestellt. Der Ökobonus entspricht den durchschnittlichen finanziellen Belastungen der Internalisierung und beträgt damit in der kurzen Frist 619 €/P/a. Folgerichtig liegt die durchschnittliche Nettowirkung des Ökobonus bei 0. Da die finanzielle Belastung der Internalisierung über die Dezile von 293 €/P/a im ersten auf 1.086 €/P/a im zehnten Dezil streng monoton zunimmt, der finanzielle Zugewinn hingegen über alle Dezile hinweg gleich ist, ist bei der Nettowirkung ein streng monotonen Abfallen von einem positiven Wert – also einem Gewinn – von 326 €/P/a im ersten auf einen negativen Wert – also Verlust – von 467 €/P/a im zehnten Dezil festzustellen. Dabei findet der Wechsel zwischen Gewinn und Verlust zwischen dem fünften und sechsten Dezil statt. Die Entwicklungen über und die Abstände zwischen den Dezilen sind dabei identisch mit den Ergebnissen der finanziellen Belastungen (siehe Kapitel 11.5.2), da sie sich aus der Differenz der durchschnittlichen finanziellen Belastung (=Ökobonus) und der jeweiligen dezilspezifischen finanziellen Belastung ergeben.

**Schaubild 125: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus in der kurzen Frist (€/P/a)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Dies gilt auch auf der Ebene der Energieträger, deren jeweilige Nettowirkung des Ökobonus in Schaubild 126 dargestellt ist. Folgerichtig weicht auch bei der Nettowirkung des Ökobonus vor allem der Energieträger Fernheizung vom ansonsten vorherrschenden Trend ab: Allein bei diesem ist in den ersten beiden Dezilen eine negative Nettowirkung feststellbar. Im dritten Dezil kommt noch der Energieträger Heizstrom hinzu, allerdings mit einer sehr geringen negativen Nettowirkung von 1 €/P/a. Beginnend mit dem vierten Dezil ist außerdem auch die Nettowirkung des Energieträgers MIV Benzin negativ. Bei allen anderen Energieträgern dreht die Nettowirkung frühestens ab dem fünften Dezil ins Negative, beim Flugzeug sogar erst im achten Dezil.

Betrachtet man die Nettowirkungen auf der Ebene der Bereiche (siehe Schaubild 126), so zeigt sich bei den Bereichen Flugzeug und MIV ein streng monoton und beim Haushaltsstrom ein monoton fallender Zusammenhang über die Dezile. Beim Haushaltsstrom würde das erste Dezil einen Gewinn von 11 €/P/a und das zehnte Dezil einen Verlust von 22 €/P/a verbuchen, wobei der Wendepunkt ins Negative zwischen dem sechsten und siebten Dezil liegt. Beim MIV läge der Gewinn im ersten Dezil bei 185 €/P/a und der Verlust im zehnten Dezil bei 179 €/P/a, wobei die Drehung ins Negative zwischen dem fünften und sechsten Dezil liegt. Beim Flugzeug würde das erste Dezil einen Gewinn von 95 €/P/a und das zehnte Dezil einen Verlust von 218 €/P/a verbuchen, wobei der Umschlag ins Negative zwischen dem siebten und achten Dezil liegt. Bei der Wärme liegt abgesehen vom siebten Dezil ein streng

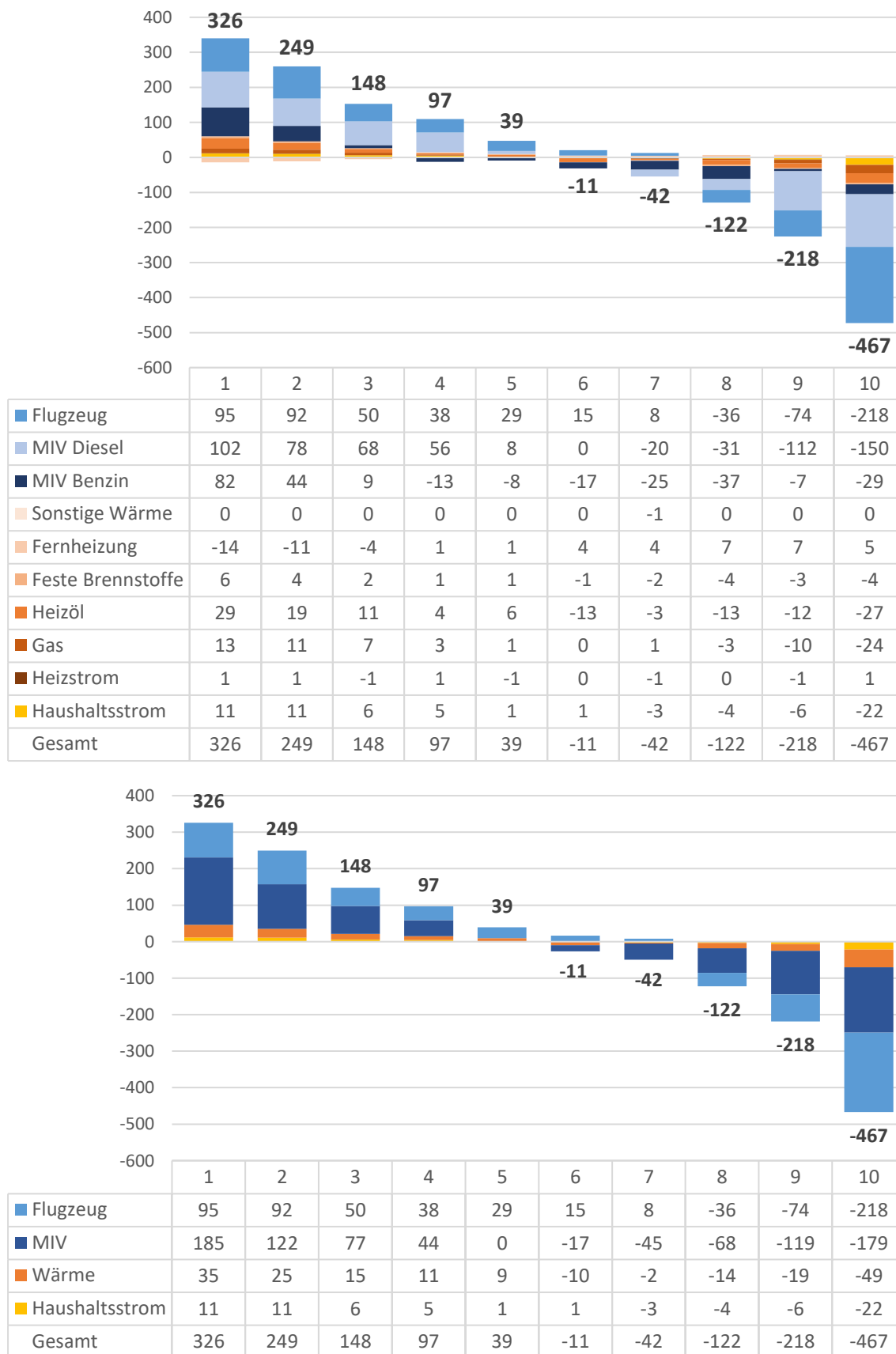


monoton fallender Zusammenhang vor. Das erste Dezil würde einen Gewinn von 35 €/P/a und das zehnte Dezil einen Verlust von 49 €/P/a verbuchen, wobei ab dem sechsten Dezil ein Verlust auftritt.

Den größten Anteil an den positiven Nettowirkungen des ersten Dezils hat der Bereich MIV: So beträgt dessen Anteil 57% an der im ersten Dezil in der Summe 293 €/P/a betragenden positiven Nettowirkung, gefolgt vom Flugzeug mit 29%, der Wärme mit 11% und dem Haushaltsstrom mit 3%. Die negative Nettowirkung von 467 €/P/a im zehnten Dezil wird zu 47% durch das Flugzeug, zu 38% durch den MIV, zu 10% durch die Wärme und zu 5% durch den Haushaltsstrom verursacht. Insgesamt zeigt sich eine starke Dominanz des Mobilitätssektors (MIV+Flugzeug) gegenüber dem der Haushaltsenergie (Haushaltsstrom+Wärme). Dies hatte sich bereits bei den finanziellen Belastungen abgezeichnet, allerdings in schwächerer Form (siehe Kapitel 11.5.2). Dass die Dominanz des Mobilitätsbereichs bei der Nettowirkung nun noch größer ist, liegt daran, dass die Unterschiede zwischen Dezilen beim Flugzeug (Verhältnis der finanziellen Belastung von zehntem zu erstem Dezil: 18,9) und beim MIV (10.Dezil/1.Dezil: 4,6) deutlich größer sind als beim Haushaltsstrom (10.Dezil/1.Dezil: 1,5) und der Wärme (10.Dezil/1.Dezil: 1,8). Dementsprechend ergeben sich höhere Nettowirkungen des Ökobonus in den Mobilitätsbereichen, da sich diese wie dargestellt aus den Differenzen zwischen der durchschnittlichen finanziellen Belastung (=Ökobonus) und der jeweiligen dezilspezifischen finanziellen Belastung berechnen.

Das geschätzte Gesamtvolumen des Ökobonus entspricht dem Gesamtvolumen der finanziellen Belastungen. Wie in Kapitel 11.5.2 bereits ausgeführt, liegt dieses bei Annahme der Bevölkerungszahl des Jahres 2013 – also dem den Berechnungen wegen der EVS2013 zu Grunde gelegtem Jahr – von 80,646 Mio. Personen (Statistisches Bundesamt 2017c) bei 49,9 Mrd. €/a.

**Schaubild 126: Nettowirkungen des Ökobonus in der kurzen Frist  
(€/P/a; oben: energieträgerspezifisch; unten: bereichsspezifisch)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Die Nettowirkungen des Ökobonus hängen dabei maßgeblich von den Energieverbräuchen ab (siehe Kapitel 11.4.2). So liegt die Pearson-Korrelation zwischen der Nettowirkung des aggregierten Ökobonus und dem entsprechend aggregierten Energieverbrauch bei einem sehr hohen Wert von 0,888 und ist signifikant zum Niveau 0,01.

**Tab. 114: Korrelation zwischen Nettowirkung des Ökobonus und Energieverbrauch (kurze Frist)**

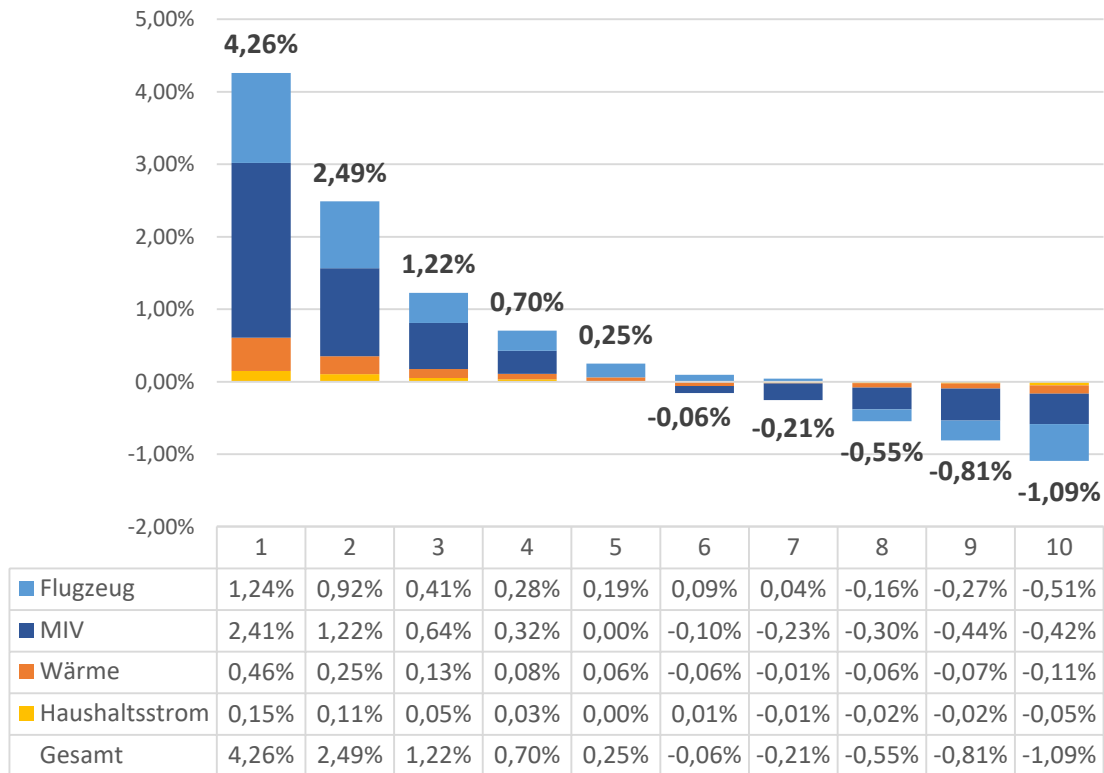
		Nettowirkung Ökobonus (Gesamt)	Energieverbrauch (Gesamt)
Nettowirkung Ökobonus (Gesamt)	Pearson-Korrelation	1	-,888**
	Sig. (2-seitig)		,000
	N	42792	42792
Energieverbrauch (Gesamt)	Pearson-Korrelation	-,888**	1
	Sig. (2-seitig)	,000	
	N	42792	42792

*\*\*.* Korrelation ist bei Niveau 0,01 signifikant (zweiseitig).

*Gewichtet mit Gewichtungsfaktor pro Person.*

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung*

Drückt man die Nettowirkungen in Anteilen des Nettoeinkommens aus, so ergibt sich für das erste Dezil ein Zugewinn in Höhe von 4,26% des Nettoeinkommens (siehe Schaubild 127). Der Prozentsatz sinkt anschließend streng monoton auf einen Verlust in Höhe von 1,09% des Nettoeinkommens im zehnten Dezil. Durch die Verwendung des Ökobonus wird also aus der im Kapitel 11.5.2 festgestellten regressiv wirkenden Verteilungswirkung der Internalisierung eine progressive Verteilungswirkung, bei der die unteren 60% (Dezile 1 bis 5) im Durchschnitt profitieren, während die oberen 40% im Durchschnitt belastet werden.

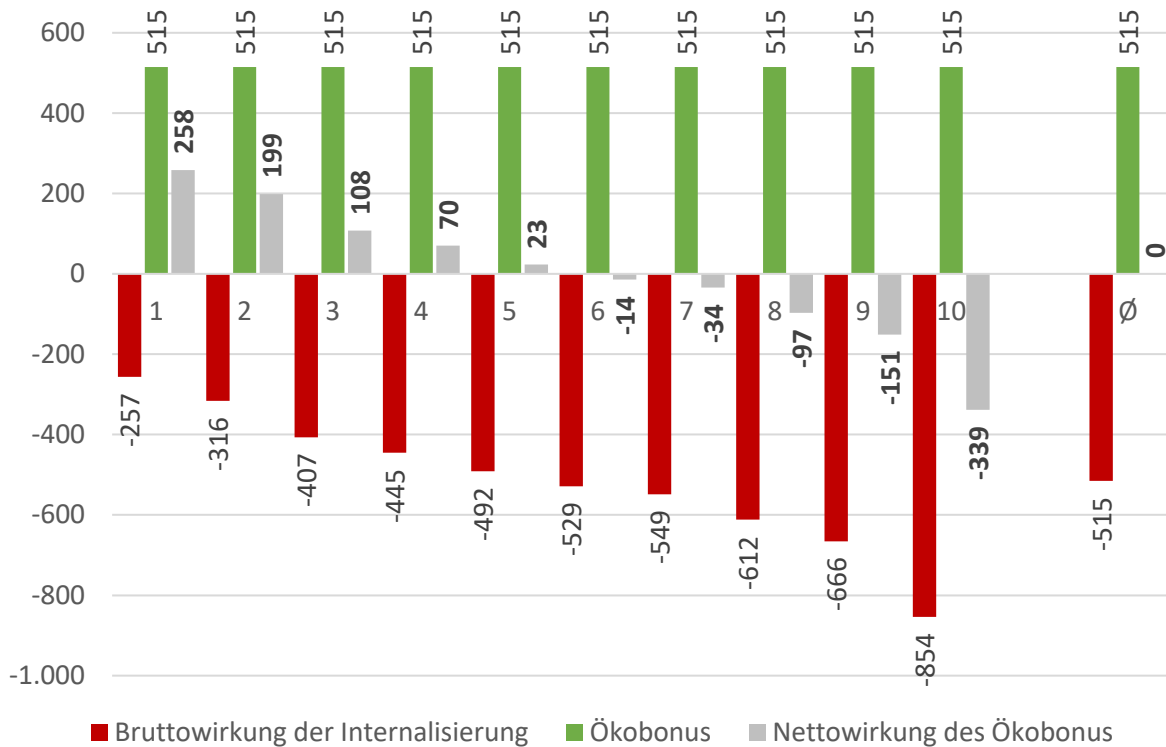
**Schaubild 127: Nettowirkungen des Ökobonus in der kurzen Frist (% des Nettoeinkommens)**

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

### 11.6.3 Lange Frist

In der langen Frist zeigen sich wie in der kurzen Frist in der Gesamtbetrachtung über die Dezile streng monoton abnehmende Nettowirkungen des Ökobonus von einem positiven Wert von 258 €/P/a im ersten auf einen negativen Wert von 339 €/P/a im zehnten Dezil (siehe Schaubild 128). Der Umschlag ins Negative findet dabei erneut zwischen dem fünften und sechsten Dezil statt. Die Entwicklungen der einzelnen Energieträger entsprechen denen der finanziellen Belastungen (siehe Kapitel 11.5.3), folgerichtig ist es vor allem der Energieträger Fernheizung bei dem in den unteren Dezilen negative Nettowirkungen auftreten (siehe Schaubild 129).

**Schaubild 128: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus in der langen Frist (€/P/a)**



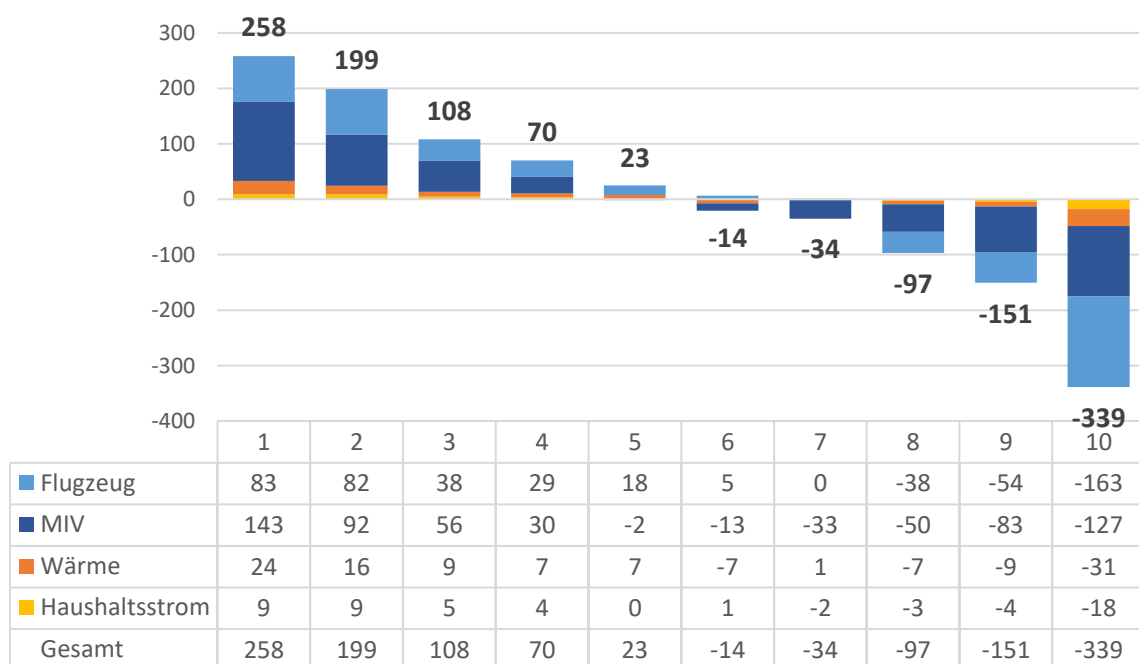
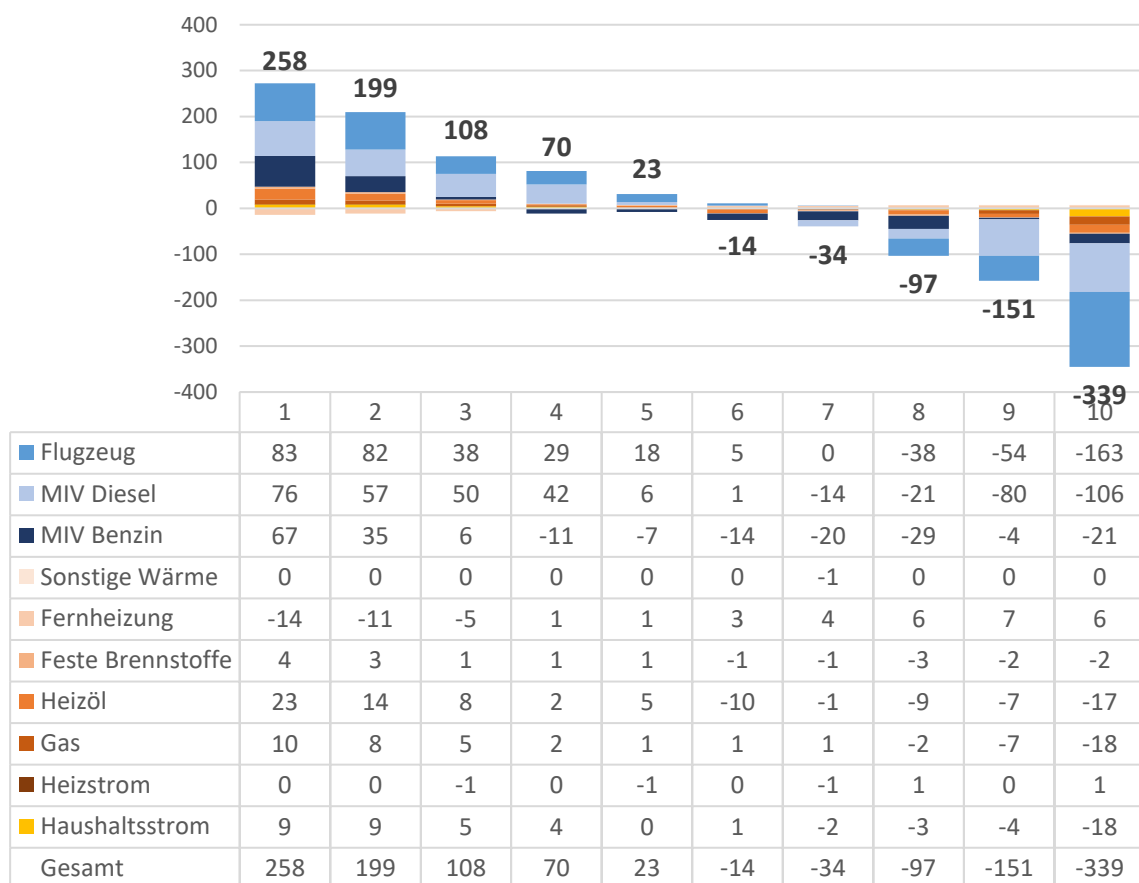
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Betrachtet man die Nettowirkungen auf der Ebene der Bereiche (siehe Schaubild 129), so zeigt sich bei den Bereichen Flugzeug und MIV ein streng monoton und beim Haushaltsstrom ein monoton fallender Zusammenhang über die Dezile. Beim Haushaltsstrom würde das erste Dezil einen Gewinn von 9 €/P/a und das zehnte Dezil einen Verlust von 18 €/P/a verbuchen, wobei der Umschlag ins Negative zwischen dem sechsten und siebten Dezil liegt. Beim MIV würde das erste Dezil einen Gewinn von 143 €/P/a und das zehnte Dezil einen Verlust von 127 €/P/a verbuchen, wobei der Umschlag ins Negative wie bei der Wärme zwischen dem viertem und fünften Dezil liegt. Beim Flugzeug würde das erste Dezil einen Gewinn von 83 €/P/a und das zehnte Dezil einen Verlust von 163 €/P/a verbuchen, wobei der Umschlag ins Negative zwischen dem siebten und achten Dezil liegt. Bei der Wärme liegt abgesehen vom siebten Dezil ein streng monoton fallender Zusammenhang vor. Das erste Dezil würde einen Gewinn von 24 €/P/a und das zehnte Dezil einen Verlust von 31 €/P/a verbuchen, wobei der Umschlag ins Negative zwischen dem fünften und sechsten Dezil liegt und im siebten Dezil noch einmal mit 1 €/P/a minimal ins Positive dreht.

Den größten Anteil an den positiven Nettowirkungen des ersten Dezils hat wie schon in der kurzen Frist der Bereich MIV: So beträgt der Anteil des MIV an der im ersten Dezil in der Summe 258 €/P/a betragenden positiven Nettowirkung 55%, gefolgt vom Flugzeug mit 32%, der Wärme mit 9% und dem Haushaltsstrom mit 3%. Die negative Nettowirkung von 339 €/P/a im zehnten Dezil wird zu 48% durch das Flugzeug, zu 37% durch den MIV, zu 9% durch die Wärme und zu 5% durch den Haushaltsstrom

bedingt. Insgesamt zeigt sich wie in der kurzen Frist auch in der langen Frist eine starke Dominanz des Mobilitätssektors (MIV+Flugzeug) gegenüber dem Sektor der Haushaltsenergie (Haushaltsstrom+Wärme).

**Schaubild 129: Nettowirkungen des Ökobonus in der langen Frist (€/P/a; oben: energieträgerspezifisch; unten: bereichsspezifisch)**

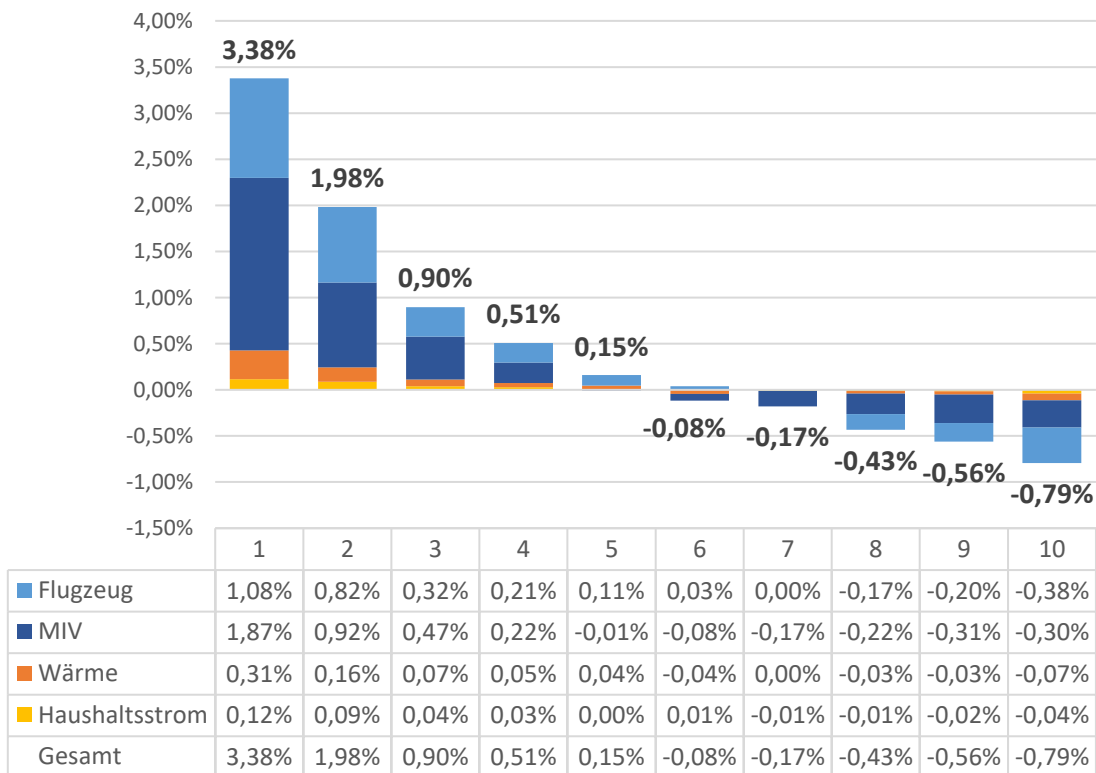


Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Das geschätzte Gesamtvolumen des Ökobonus entspricht dem Gesamtvolumen der finanziellen Belastungen. Wie in Kapitel 11.5.3 bereits ausgeführt, liegt dieses bei Annahme der Bevölkerungszahl des Jahres 2013 – also dem den Berechnungen wegen der EVS2013 zu Grunde gelegtem Jahr – von 80,646 Mio. Personen (Statistisches Bundesamt 2017c) bei 41,5 Mrd. €/a.

Drückt man die Nettowirkungen in Anteilen des Nettoeinkommens aus, so ergibt sich für das erste Dezil ein Zugewinn in Höhe von 3,38% des Nettoeinkommens (siehe Schaubild 130). Der Prozentsatz sinkt anschließend streng monoton ab auf einen Verlust in Höhe von 0,79% des Nettoeinkommens im zehnten Dezil. Durch die Verwendung des Ökobonus wird also aus der im Kapitel 11.5.3 festgestellten regressiv wirkenden Verteilungswirkung der Internalisierung eine progressive Verteilungswirkung, bei der die unteren 50% (Dezile 1 bis 5) profitieren, während die oberen 50% belastet werden.

**Schaubild 130: Nettowirkungen des Ökobonus in der langen Frist (% des Nettoeinkommens)**



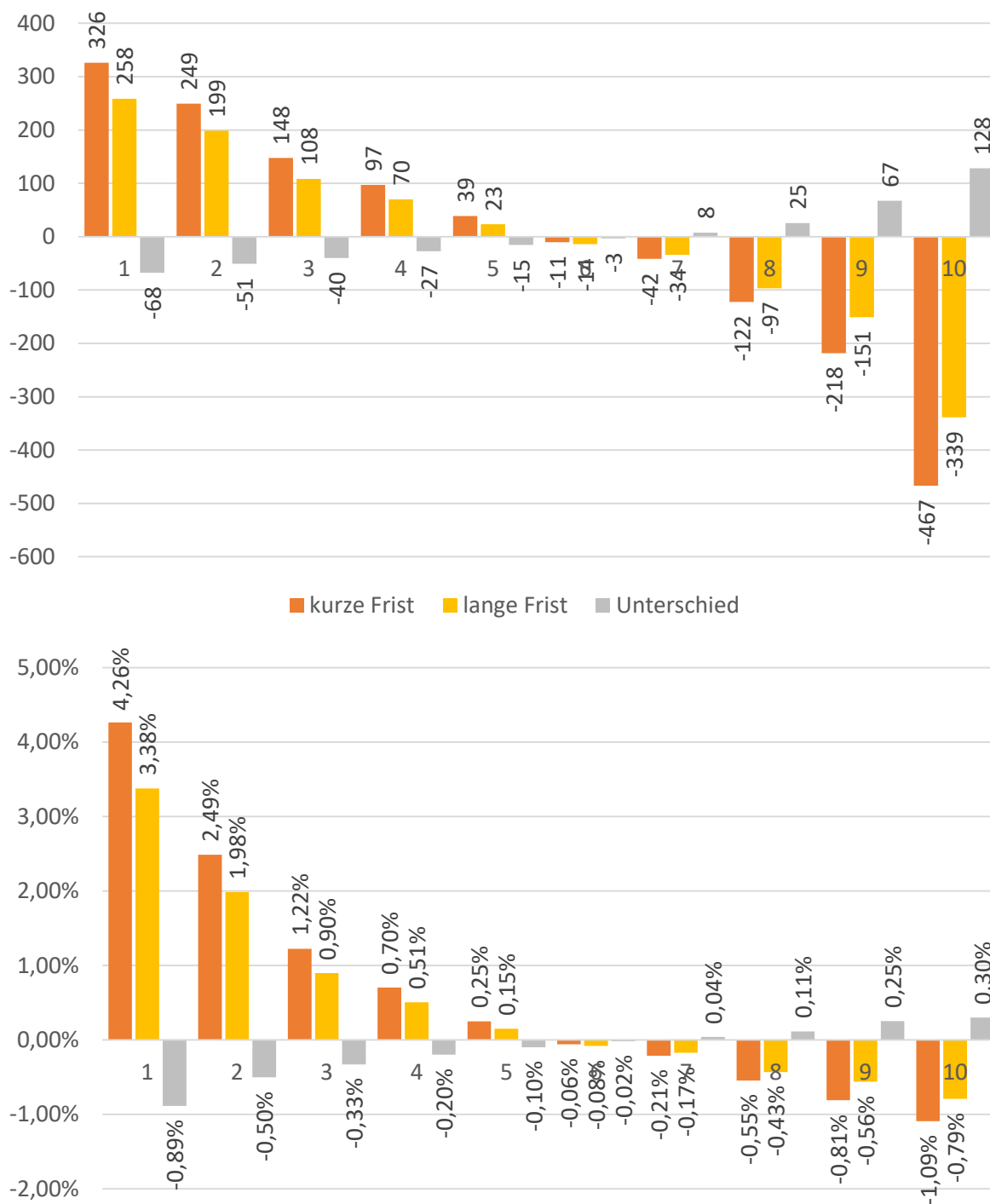
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

## 11.6.4 Vergleich

Beim Vergleich der Nettowirkungen des Ökobonus in der kurzen und langen Frist zeigt sich entsprechend der Ergebnisse der finanziellen Belastungen (siehe Kapitel 11.5.4), dass die Nettowirkungen – sowohl die positiven als auch die negativen – im Umfang in der langen Frist geringer sind als in der kurzen Frist (siehe Schaubild 131). Dies liegt daran, dass in der langen Frist wegen der angenommenen höheren Preiselastizitäten höhere Verbrauchsrückgänge auftreten (siehe Kapitel 8.2). Darin zeigt sich der überaus erwünschte Effekt der über die Zeit zurückgehenden Verbräuche und damit einhergehend

die Rückgänge bei den negativen Umweltwirkungen. Allerdings führt dies ebenso dazu, dass das Einnahmevermögen und damit auch die progressive Verteilungswirkung des Ökobonus zurückgehen.

**Schaubild 131: Vergleich der Nettowirkungen des Ökobonus (oben: €/P/a; unten: % des Nettoeinkommens)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

In Schaubild 131 sind sowohl die absoluten als auch die relativen Unterschiede zwischen der langen und kurzen Frist aufgeführt. Die absolute Differenz steigt dabei streng monoton von -68 €/P/a im ersten Dezil auf 128 €/P/a im zehnten Dezil an. Relativ betrachtet steigt der Unterschied von -0,89% im ersten Dezil streng monoton auf 0,30% des Nettoeinkommens im zehnten Dezil an. Die progressive



Verteilungswirkung schwächt sich also von der kurzen zur langen Frist ab, was zum einen an den über die Dezile ansteigenden Preiselastizitäten (siehe Kapitel 11.3.4), zum anderen an über die Dezile steigenden Energieverbrauchsrückgängen (siehe Kapitel 11.4.4) liegt. Trotzdem bleibt, unter den getroffenen Annahmen, auch in der langen Frist noch eine deutlich progressive Nettowirkung des Ökobonus bestehen.



## 12 Szenariorechnungen

### 12.1 Überblick

Nachdem die in Kapitel 6 beschriebene Methodik nun komplett ausgeführt wurde, werden in diesem Kapitel Szenariorechnungen zu den berechneten Ergebnissen durchgeführt. Damit soll überprüft werden, welchen Einfluss die im Zuge der Berechnungen getroffenen Annahmen haben beziehungsweise welche Ergebnisse sich ergeben, wenn man andere Annahmen trifft. Untersucht werden dabei zwei Variablen, die zentralen Einfluss auf die Berechnungen haben: Erstens die Höhe der Kostensätze für THG (Kapitel 12.2) und zweitens die bei der Berechnung der Auswirkungen der Internalisierung angenommen Preiselastizitäten (Kapitel 12.3).

### 12.2 Alternative Kostensätze für THG

Die in dieser Arbeit verwendeten Kostensätze der externen Kosten entsprechen wie in Kapitel 6.5.5 dargestellt den in der Methodenkonvention 2.0 vom Umweltbundesamt empfohlenen Best-Practice-Kostensätzen (Schwermer et al. 2014). Allerdings beruhen diese auf zahlreichen Annahmen; deswegen empfiehlt das Umweltbundesamt zusätzlich zum empfohlenen Kostensatz für Treibhausgas-Emissionen von 80 €/t CO<sub>2</sub>e Sensitivitätsanalysen im Bereich von 40 € bis 120 € durchzuführen (Schwermer et al. 2014: 5). Dieser Empfehlung wird hier nachgekommen, indem zwei zusätzliche Szenariorechnungen durchgeführt werden; eines mit einem Kostensatz von 40 €/t CO<sub>2</sub>e (Szen40€) und eines mit einem Kostensatz von 120 €/t CO<sub>2</sub>e (Szen120€). Die Szenario-Ergebnisse werden dann mit den bislang in dieser Arbeit mit dem Kostensatz von 80 €/t CO<sub>2</sub>e (Ist80€, siehe Tab. 19) berechneten Ergebnissen verglichen.

Die Auswirkungen der unterschiedlichen THG-Kostensätze auf die externen Kostensätze pro verbrauchter Kilowattstunde sind in Tab. 115 dargestellt. Wie dort zu sehen ist, führen die unterschiedlichen THG-Kostensätze zu deutlichen Unterschieden: Am größten sind die prozentualen Unterschiede zwischen den aggregierten externen Kostensätzen der verschiedenen Szenarien beim Gas. Dies liegt daran, dass der Anteil der externen Kosten durch THG bei allen betrachteten Energieträgern am höchsten ist. Bei einem CO<sub>2</sub>e-Kostensatz von 80 €/t CO<sub>2</sub>e liegt er bei 86%, bei einem CO<sub>2</sub>e-Kostensatz von 40 €/t CO<sub>2</sub>e bei 75% und bei einem CO<sub>2</sub>e-Kostensatz von 120 €/t CO<sub>2</sub>e bei 90%. Dementsprechend ist die relative Spannweite (Spannweite/Minimum) zwischen den externen Kostensätzen pro kWh mit 149% (2,11 Ct/kWh) des unteren Werts der Spannweite (Szen40€ Gas: 1,42 Ct/kWh) sehr groß und stellt den maximalen Wert der betrachteten Energieträger dar. Am geringsten sind die prozentualen Unterschiede beim Energieträger Feste Brennstoffe, da die Anteile der THG-Emissionen an den gesamten externen Kosten bei diesem mit 20% bei einem CO<sub>2</sub>e-Kostensatz von 80 €/t CO<sub>2</sub>e, 11% bei einem CO<sub>2</sub>e-

Kostensatz von 40 €/t CO<sub>2</sub>e und 27% bei einem CO<sub>2</sub>e-Kostensatz von 120 €/t CO<sub>2</sub>e am geringsten ist. Die relative Spannweite nimmt deswegen bei dem Energieträger Feste Brennstoffe mit 22% seinen minimalen Wert an.

**Tab. 115: Szenarioergebnisse der externen Kostensätze pro kWh (Ct/kWh)**

Position	Strom	Gas	Heizöl	Feste Brennstoffe	Fernheizung	MIV Benzin	MIV Diesel	Flugzeug
<b>Luftschadstoffe</b>	2,21	0,36	0,86	1,45	0,97	3,20	3,92	3,43
<b>Zuschlag Atomenergie</b>	0,46	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lärm</b>	-	-	-	-	-	1,10	1,28	2,88
<b>Unfälle</b>	-	-	-	-	-	2,46	2,86	0,04
<b>THG (80€)</b>	6,10	2,11	2,70	0,35	2,62	2,80	2,57	5,28
<b>THG (40€)</b>	3,05	1,06	1,35	0,18	1,31	1,40	1,28	2,64
<b>THG (120€)</b>	9,15	3,17	4,05	0,53	3,93	4,20	3,85	7,93
<b>Summe Ist80€</b>	8,78	2,47	3,57	1,80	3,59	9,57	10,63	11,62
<b>Summe Szen40€</b>	5,73	1,42	2,22	1,62	2,28	8,17	9,35	8,98
<b>Summe Szen120€</b>	11,83	3,53	4,92	1,97	4,90	10,97	11,91	14,27
<b>Relative Spannweite</b>	107%	149%	122%	22%	115%	34%	27%	59%

*Quellen: IINAS 2015; AGEB 2016c; Schwermer et al. 2014; van Essen et al. 2011; eigene Berechnung*

Die unterschiedlichen externen Kosten führen zu unterschiedlichen Internalisierungslücken. Diese sind für die drei betrachteten Szenarien in Tab. 116 dargestellt. Dabei fällt zunächst auf, dass auch bei einem Kostensatz von 40 €/t CO<sub>2</sub>e bei allen Energieträgern eine positive Internalisierungslücke festzustellen ist. Wie bei den externen Kosten ist auch bei den Internalisierungslücken die relative Spannweite beim Energieträger Gas mit 272% am größten und beim Energieträger Feste Brennstoffe mit 16% am geringsten. Dass die relativen Spannweiten der Internalisierungslücken von denen der externen Kostensätze abweichen, liegt am (in allen Szenarien unveränderten) Abzug der bestehenden Nettointernalisierung (siehe Tab. 96).

**Tab. 116: Szenarioergebnisse der Internalisierungslücken pro kWh (Ct/kWh)**

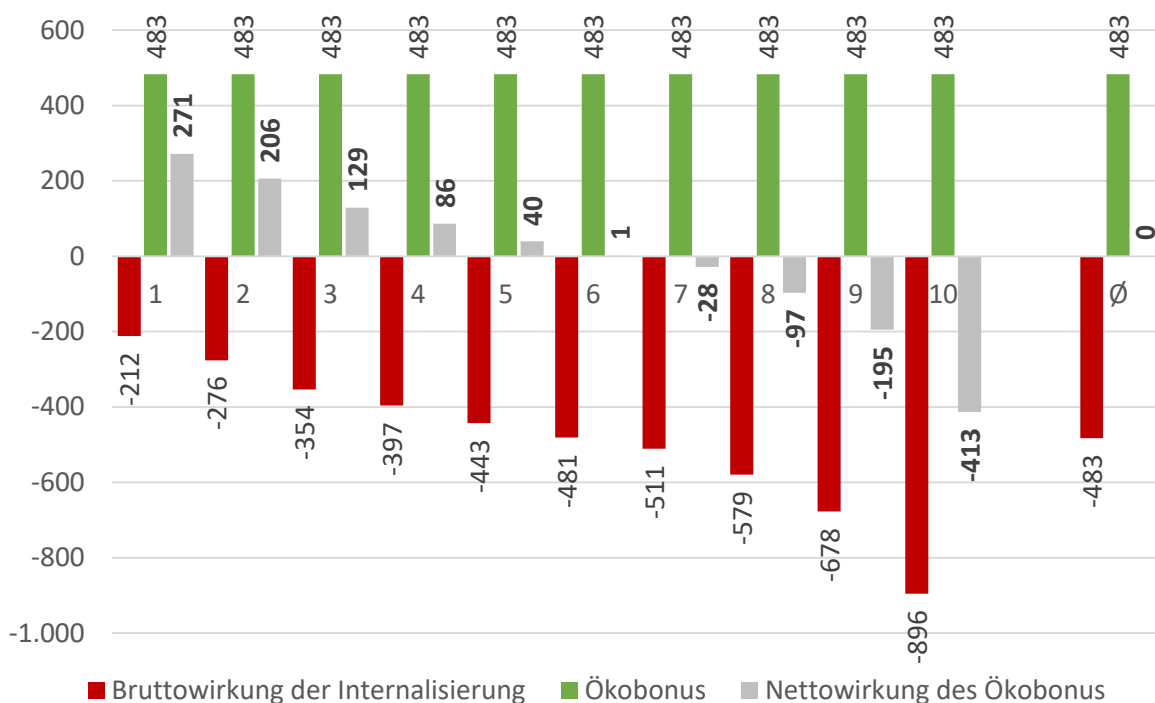
Position	Strom	Gas	Heizöl	Feste Brennstoffe	Fernheizung	MIV Benzin	MIV Diesel	Flugzeug
<b>Ist80€</b>	6,47	1,83	2,95	2,38	3,27	7,63	10,93	14,28
<b>Szen40€</b>	3,42	0,78	1,60	2,20	1,96	6,23	9,65	11,64
<b>Szen120€</b>	9,52	2,89	4,30	2,55	4,58	9,04	12,22	16,92
<b>Relative Spannweite</b>	178%	272%	169%	16%	134%	45%	27%	45%

*Quellen: externe Kosten: siehe Tab. 115; bestehende Nettointernalisierung: siehe Tab. 38, Tab. 57 und Tab. 92; eigene Berechnungen*

Welche Auswirkungen die unterschiedlichen Internalisierungslücken auf die finanziellen Belastungen und die Nettowirkung des Ökobonus haben, wird im Folgenden zunächst für das Szen40€ und danach für Szen120€ vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse in Bezug zu den Ist80€-Berechnungen gesetzt. Für die jeweiligen Berechnungen und den Vergleich werden dabei die Preiselastizitäten der kurzen Frist verwendet.

In Schaubild 132 sind die finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus für das Szen40€ in der kurzen Frist dargestellt. Die finanzielle Belastung steigt von 212 €/P/a im ersten Dezil streng monoton an auf 896 €/P/a im zehnten Dezil. Die durchschnittliche finanzielle Belastung, und damit auch der Ökobonus, beträgt 483 €/P/a. Die Nettowirkung des Ökobonus fällt streng monoton von einem Gewinn von 271 €/P/a im ersten Dezil auf einen Verlust von 413 €/P/a im zehnten Dezil ab. Der Umschlag ins Negative findet dabei zwischen dem sechsten und siebten Dezil statt.

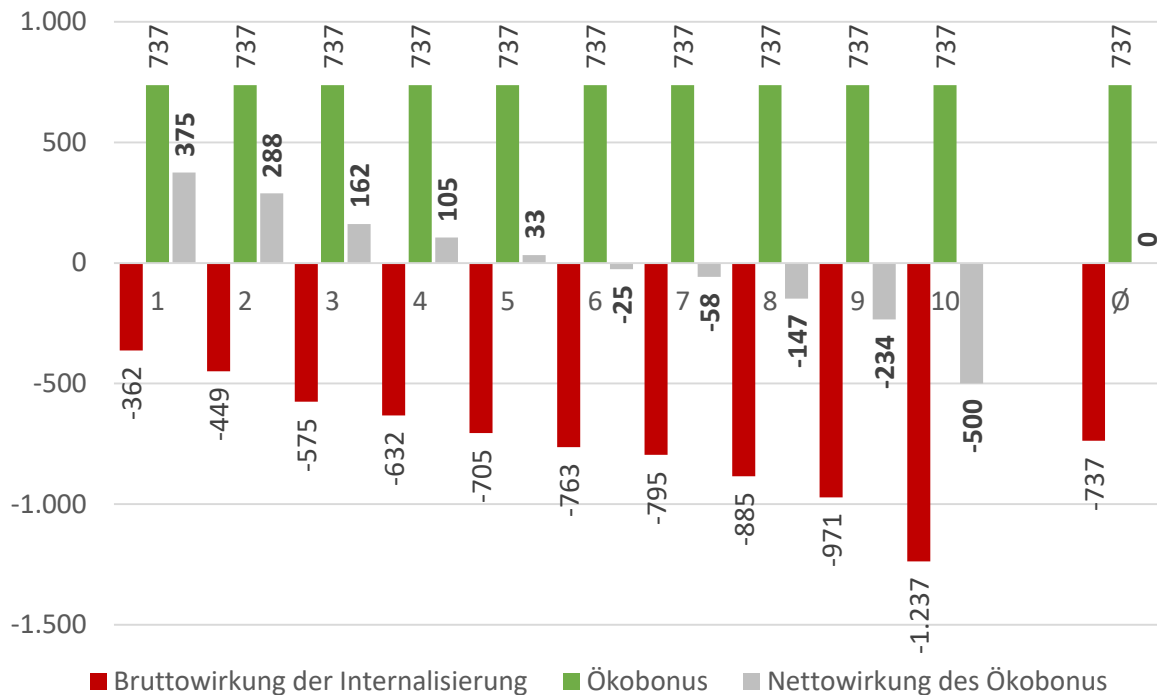
**Schaubild 132: Szen40€: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus in der kurzen Frist (€/P/a)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; Szen40€-Internalisierungslücke siehe Tab. 116; eigene Berechnung

In Schaubild 133 sind die finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus für das Szen120€ in der kurzen Frist dargestellt. Die finanzielle Belastung steigt von 362 €/P/a im ersten Dezil streng monoton an auf 1.237 €/P/a im zehnten Dezil. Die durchschnittliche finanzielle Belastung, und damit auch der Ökobonus, beträgt 737 €/P/a. Die Nettowirkung des Ökobonus fällt streng monoton von einem Gewinn von 375 €/P/a im ersten Dezil auf einen Verlust von 500 €/P/a im zehnten Dezil ab. Der Umschlag ins Negative findet dabei zwischen dem fünften und sechsten Dezil statt.

**Schaubild 133: Szen120€: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus in der kurzen Frist (€/P/a)**



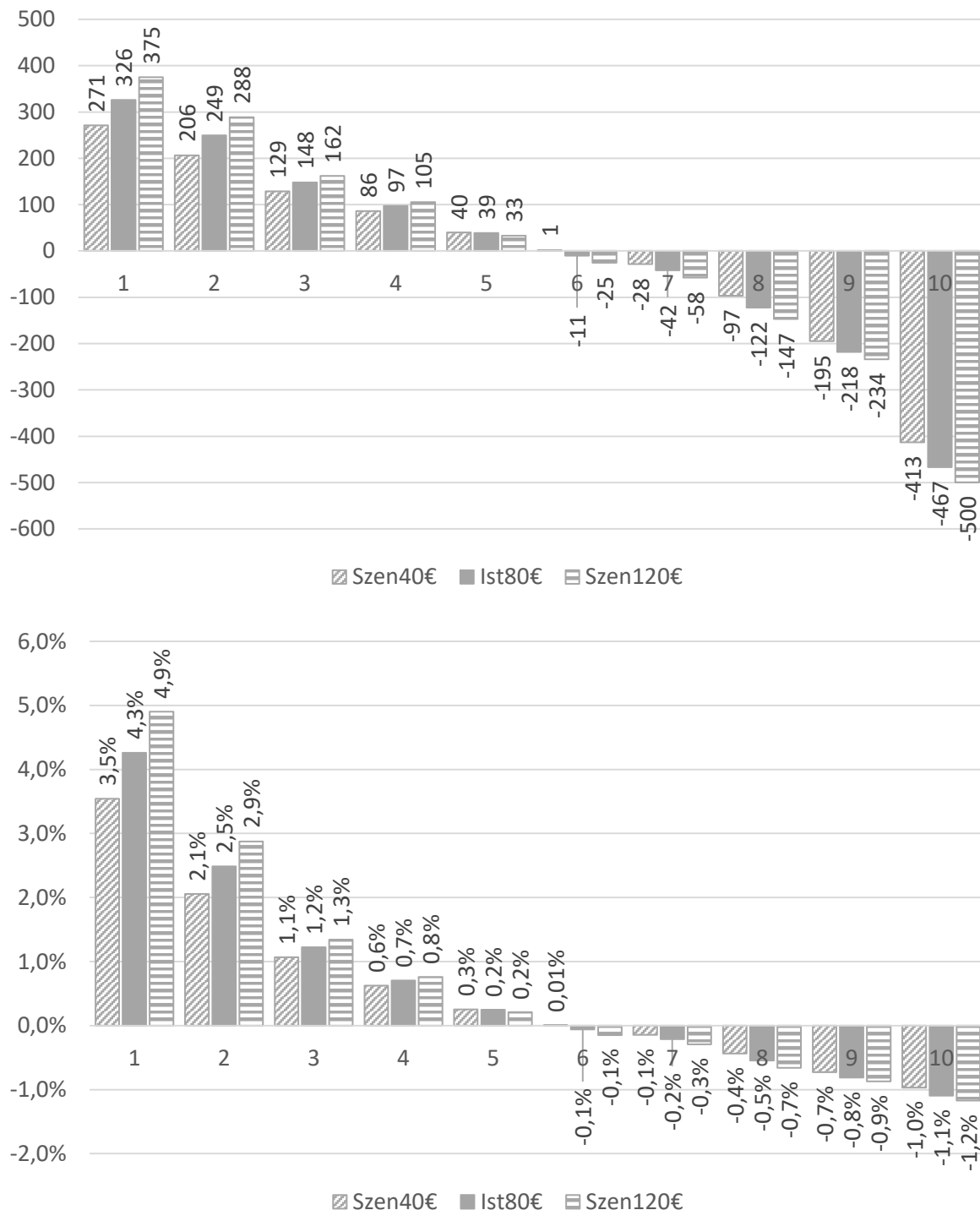
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; Szen120€-Internalisierungslücke siehe Tab. 116; eigene Berechnung

Wie zu erwarten zeigt sich beim Vergleich der mittels der drei verschiedenen THG-Kostensätze berechneten Nettowirkungen des Ökobonus eine sich mit der Höhe des Kostensatzes vergrößernde Spannweite zwischen den profitierenden unteren und den belasteten oberen Dezilen. So steigt im ersten Dezil die positive Nettowirkung von 271 €/P/a im Szenarion Szen40€ über 326 €/P/a im Ist80€ auf 375 €/P/a im Szen120€, während die Belastung im zehnten Dezil von 413 €/P/a auf 467 €/P/a und schließlich 500 €/P/a ansteigt. Die Spannweite zwischen erstem und zehntem Dezil steigt also von 684 €/P/a im Szen40€ auf 793 €/P/a im Ist80€ auf einen Wert von 875 €/P/a im Szen120€ an. Interessant ist dabei noch der Übergangsbereich der Dezile fünf und sechs. Im fünften Dezil nimmt die positive Nettowirkung erstmals ab mit steigendem THG-Kostensatz, nämlich von 40 €/P/a auf 39 €/P/a und schließlich auf 33 €/P/a. Im sechsten Dezil zeigt sich sogar ein unterschiedliches Vorzeichen bezüglich der Nettowirkung: Während im Szen40€ noch eine positive Nettowirkung von 1 €/P/a vorherrscht, dreht es im Ist80€ in eine Belastung von 11 €/P/a, die im Szen120€ auf 25 €/P/a ansteigt.

Entsprechend der Absolutbeträge verändern sich natürlich auch die relativ zum Nettoeinkommen ausgedrückten Nettowirkungen des Ökobonus. Im ersten Dezil steigen sie mit dem THG-Kostensatz von 3,5% (Szen40€) auf 4,3% (Ist80€) und schließlich auf 4,9% (Szen120€) an. Die Belastungen im zehnten Dezil steigen von 1,0% (Szen40€) auf 1,1% (Ist80€) und schließlich auf 1,2% (Szen120€) an. Interessant ist dabei noch der Übergangsbereich der Dezile fünf und sechs: Das sechste Dezil gehört im Szen40€ minimal zu den Gewinnern (0,01%), im Ist80€ und im Szen120€ mit -0,1% hingegen in kleinem Umfang

bereits zu den Verlierern. Die Spannweite zwischen erstem und zehntem Dezil steigt von 4,5% im Szen40€ über 5,4% im Ist80€ auf einen Wert von 6,1% im Szen120€ an.

**Schaubild 134: Vergleich der Nettowirkungen des Ökobonus in der kurzen Frist unter verschiedenen THG-Kostensätzen (oben: €/P/a; unten: % am Nettoeinkommen)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; Szen40€/120€-Internalisierungslücke siehe Tab. 116; eigene Berechnung

Die Szenariorechnungen der drei THG-Kostensätze 40, 80 und 120 €/t CO<sub>2</sub>e haben gezeigt, dass durch die Änderung des Kostensatzes vor allem die Spannweite der Nettowirkung des Ökobonus beeinflusst

wird. Und das in der zu erwartenden Art und Weise: Die Spannweite steigt mit dem Kostensatz an. Erklären lässt sich dies damit, dass die Frage, ob eine Person (ein Haushalt) zu den Verlierern oder Gewinnern eines Ökobonus gehört, maßgeblich von ihrem Energieverbrauch abhängt. Dieser unterscheidet sich in den Szenarien zwar leicht aufgrund der unterschiedlichen Höhen der Internalisierungslücken und der dadurch über die verschiedenen Preiserhöhungen mittels der Preiselastizitäten berechneten Verbrauchsrückgänge; der grundsätzlich für das Jahr 2013 festgestellte Zusammenhang eines über die Dezile zunehmenden Verbrauchs ändert sich dadurch jedoch nicht entscheidend. Auch dass die externen Kostensätze und damit ebenfalls die Internalisierungslücken der Energieträger unterschiedlich stark vom THG-Kostensatz abhängen (siehe Tab. 115 und Tab. 116), ändert nichts daran, dass der bestimmende Faktor der Energieverbrauch ist. Allerdings führen die zwei genannten Punkte dazu, dass beim Szen40€ das sechste Dezil noch minimal zu den Gewinnern gehört, während es bei Ist80€ und Szen120€ zu den Verlierern zählt. Das grundsätzliche Ergebnis einer progressiven Verteilungswirkung bleibt jedoch auch in den beiden Szenariorechnungen klar bestehen.

### 12.3 Alternative Preiselastizitäten

Bislang wurden die Berechnungen der Auswirkungen der Internalisierung für die kurze und die lange Frist berechnet, wobei sich die beiden Varianten durch die verwendeten Preiselastizitäten voneinander unterscheiden. In der kurzen Frist wurden vergleichsweise preisunelastische und über die Dezile konstante Energienachfragen verwendet, in der langen Frist hingegen vergleichsweise elastischere und über die Einkommensdezile zunehmend elastische (siehe Kapitel 11.3.4). In diesem Kapitel werden nun zwei zusätzliche Szenarien vorgestellt. Erstens werden zusätzlich die Auswirkungen der Internalisierung bei einer vollkommen preisunelastischen Energienachfrage von 0 berechnet (SzenPE0).<sup>136</sup> Zweitens werden die Auswirkungen von deutlich stärker als bislang über die Einkommen elastischer werdenden Energienachfragen berechnet (SzenPE<). Als Grundlage für das zweite Szenario dienen die Preiselastizitäten der langen Frist.

Zunächst zum ersten Szenario: Eine vollkommen preisunelastische Energienachfrage bedeutet, dass sich die Energieverbräuche durch die Internalisierung nicht ändern, also denen des Jahres 2013 entsprechen. Die finanziellen Auswirkungen einer Preiselastizität von 0 sind in Schaubild 135 abgebildet. Die finanziellen Belastungen der Internalisierung steigen streng monoton an von 405 €/P/a im ersten

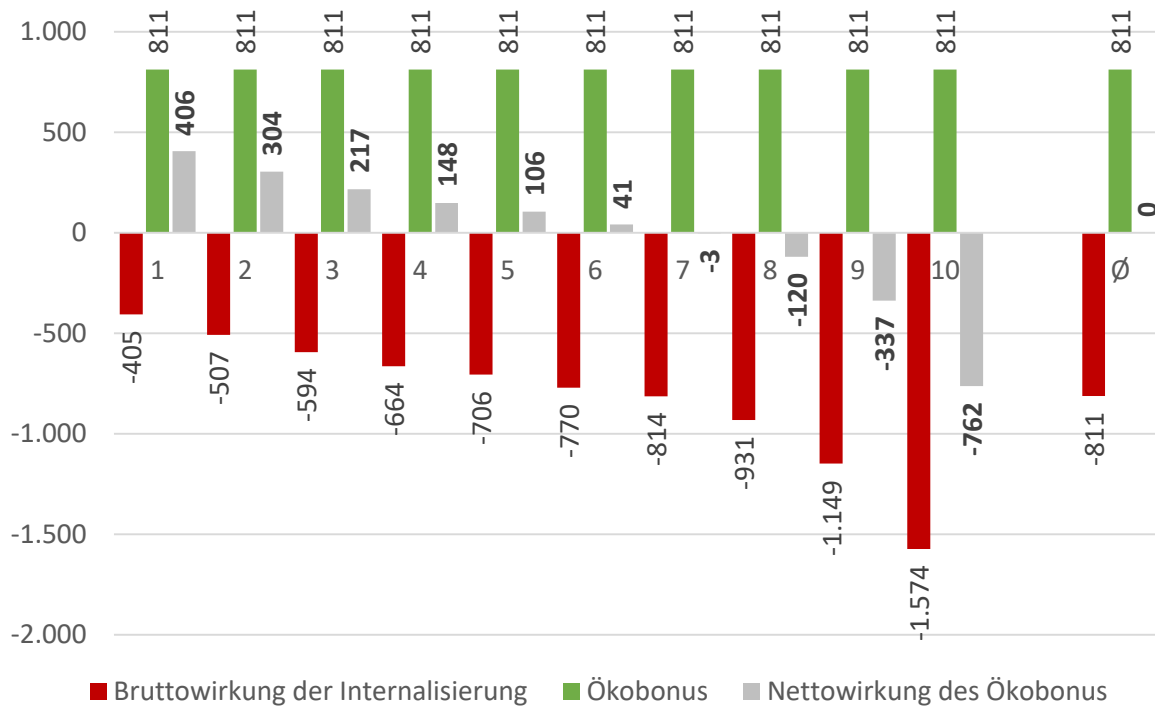
---

<sup>136</sup> Eine Berechnung noch elastischerer Preiselastizitäten als in der langen Frist (z.B. proportional elastisch und damit gleich 1) wäre natürlich auch möglich. Dies wurde im Hinblick auf den Umfang der Preiserhöhungen und mangels Alternativen für viele der Einsatzzwecke des Energieverbrauchs jedoch als wenig wahrscheinlich angesehen und deswegen verworfen. Eine Preiselastizität von 0 ist zwar ebenfalls unwahrscheinlich, die Ergebnisse bilden aber zumindest den Fall der größtmöglichen finanziellen Belastung durch die Internalisierung ab und bieten damit einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn. Zumindest wenn man davon ausgeht, dass es sich bei den Energieträgern nicht um Güter mit einer anormalen Elastizität größer Null handelt – bei denen also eine Preiserhöhung zu einer steigenden Nachfrage führt.



Dezil bis auf 1.574 €/P/a im zehnten Dezil. Die durchschnittliche finanzielle Belastung, und damit auch der Ökobonus, beträgt 811 €/P/a. Die Nettowirkung des Ökobonus fällt streng monoton von einem Gewinn von 406 €/P/a im ersten Dezil auf einen Verlust von 762 €/P/a im zehnten Dezil, wobei der Umschlag zu negativen Werten zwischen dem sechsten und siebten Dezil stattfindet.

**Schaubild 135: SzenPE0: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus (€/P/a)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; SzenPE0-Preiselastizität siehe Tab. 117; eigene Berechnung

Tab. 117: Szenarioannahmen für einkommensspezifische Preiselastizitäten nach Energieträgern

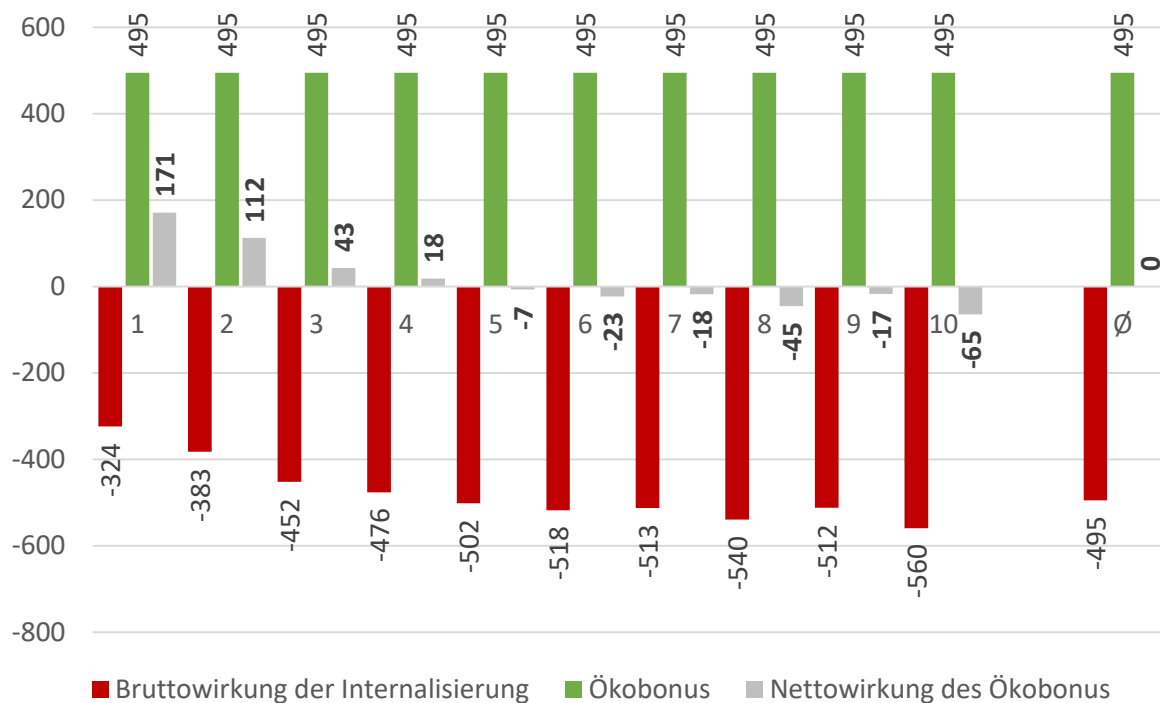
Dezile	Haus- halts- strom	Wärme						Mobilität		
		Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sonstige Wärme- energie	PKW Benzin	PKW Diesel	Flug- zeug
Vollkommen unelastische Preiselastizität (SzenPE0)										
1-10; Ø	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Lange Frist mit stärker elastisch werdenden Preiselastizitäten (SzenPE<)										
1	-0,304	-0,304	-0,386	-0,343	-0,287	-0,287	-0,287	-0,319	-0,259	-0,200
2	-0,372	-0,372	-0,472	-0,419	-0,351	-0,351	-0,351	-0,389	-0,316	-0,244
3	-0,439	-0,439	-0,558	-0,495	-0,415	-0,415	-0,415	-0,460	-0,373	-0,289
4	-0,507	-0,507	-0,643	-0,572	-0,478	-0,478	-0,478	-0,531	-0,431	-0,333
5	-0,574	-0,574	-0,729	-0,648	-0,542	-0,542	-0,542	-0,602	-0,488	-0,378
6	-0,642	-0,642	-0,815	-0,724	-0,606	-0,606	-0,606	-0,672	-0,546	-0,422
7	-0,709	-0,709	-0,901	-0,800	-0,670	-0,670	-0,670	-0,743	-0,603	-0,467
8	-0,777	-0,777	-0,986	-0,877	-0,733	-0,733	-0,733	-0,814	-0,661	-0,511
9	-0,844	-0,844	-1,072	-0,953	-0,797	-0,797	-0,797	-0,885	-0,718	-0,556
10	-0,912	-0,912	-1,158	-1,029	-0,861	-0,861	-0,861	-0,956	-0,776	-0,600
Ø	-0,608	-0,608	-0,772	-0,686	-0,574	-0,574	-0,574	-0,637	-0,517	-0,400

Quellen: eigene Berechnung und Annahmen beruhend auf 1) eigene Auswertungen: FDZ 2010; FDZ 2016; Schwermer et al. 2014; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; 2) angepasste Daten aus (Meta-)Studien: Labandeira et al. 2016; Scheelhaar et al. 2015; IATA 2008

Beim zweiten Szenario werden die durchschnittlichen Preiselastizitäten der langen Frist als Basis herangezogen. Im Gegensatz zur langen Frist werden jedoch die Unterschiede zwischen den Einkommensdezilen deutlich erhöht. Während die Preiselastizitäten je nach Energieträger in der langen Frist bisher entweder über die Dezile um 11% (Mobilität), 35% (Haushaltsstrom) oder 67% (Wärme) elastischer wurden, wurde für das SzenPE< angenommen, dass die Preiselastizitäten in allen betrachteten Bereichen über die Dezile gleichmäßig um insgesamt 200% elastischer werden. Anders ausgedrückt: Die Preiselastizität des zehnten Dezils ist dreimal so hoch wie die des ersten Dezils (siehe Tab. 117). Damit soll der Fall simuliert werden, dass reichere Haushalte noch deutlich stärker als bislang angenommen der Internalisierung der externen Kosten durch verbrauchssenkende Maßnahmen (zum Beispiel Umstieg auf erneuerbare Energien) ausweichen können, während ärmere Haushalte dies weniger stark als bislang angenommen können (zum Beispiel weil ihnen die finanziellen Mittel fehlen). Das würde dazu führen, dass ärmere Haushalte im Vergleich zu zuvor durch die Internalisierung stärker belastet würden, während reiche Haushalte weniger stark belastet würden. Aber auch unter diesen Annahmen bleibt der grundsätzliche Befund, dass ärmere Haushalte durch die Internalisierung geringen finanziellen Belastungen unterworfen sind als reichere, bestehen (siehe Schaubild 136). Allerdings gilt der streng monoton steigende Zusammenhang zwischen Einkommen und finanzieller Belastung nur bis zum sechsten Dezil. So steigt die finanzielle Belastung der Internalisierung im SzenPE< von

324 €/P/a streng monoton bis auf 518 €/P/a im sechsten Dezil. Danach schwankt sie jedoch in einem Bereich von 512 €/P/a (9. Dezil) bis 560 €/P/a (10. Dezil) ohne klare Richtung. Im Durchschnitt beträgt die finanzielle Belastung und damit auch der Ökobonus 495 €/P/a. Die Nettowirkung des Ökobonus sinkt deswegen folgerichtig von einem positiven Wert von 171 €/P/a im ersten streng monoton bis auf einen negativen Wert von 23 €/P/a im sechsten Dezil und schwankt anschließend zwischen negativen Werten von 17 €/P/a (9. Dezil) bis 65 €/P/a (10. Dezil).

**Schaubild 136: SzenPE<: Übersicht der finanziellen Wirkungen der Internalisierung und des Ökobonus (€/P/a)**



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; SzenPE<-Preiselastizitäten siehe Tab. 117; eigene Berechnung

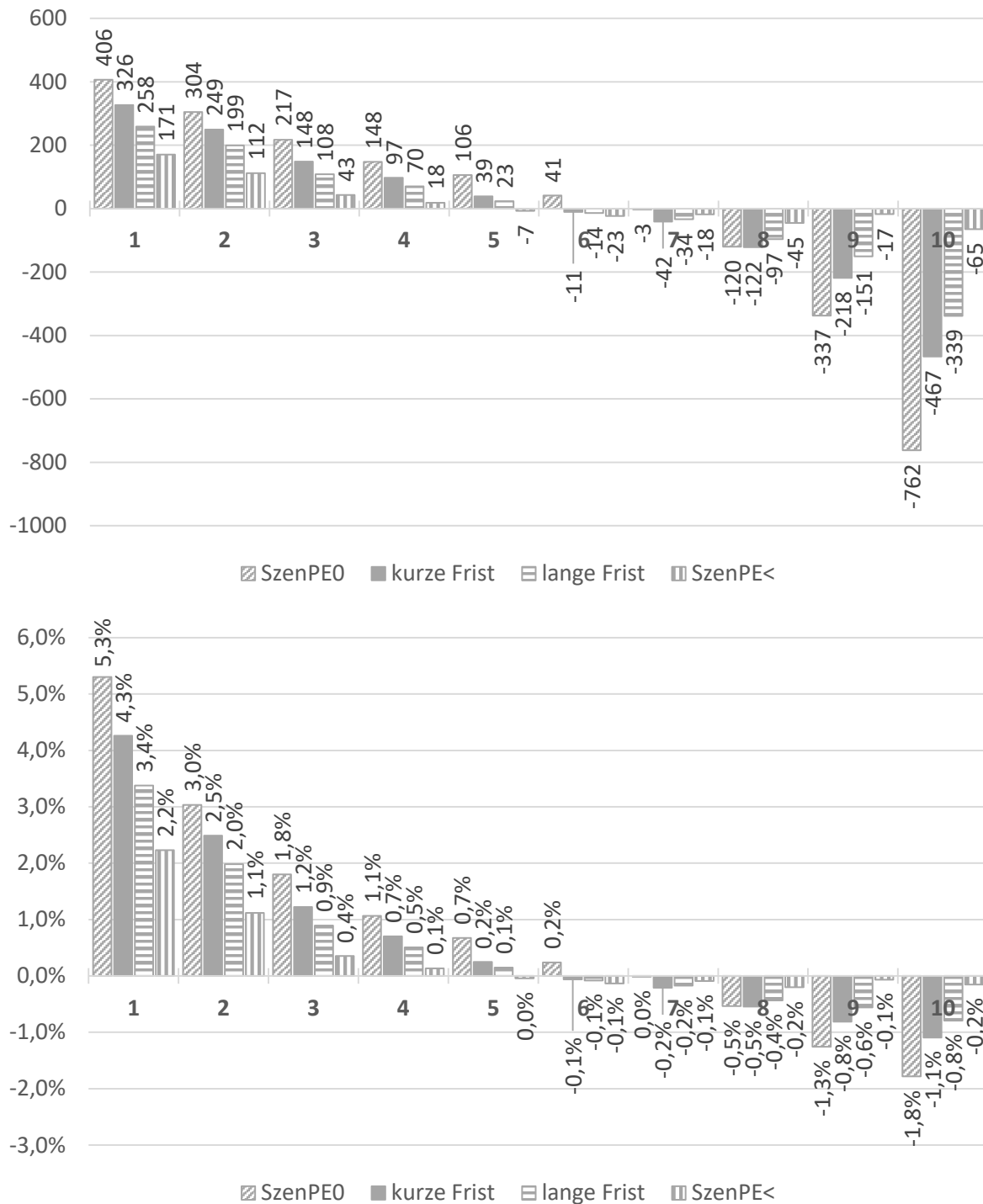
Beim Vergleich der Nettowirkungen des Ökobonus bei einer vollkommen unelastischen Energienachfrage (SzenPE0) mit denen der kurzen und langen Frist zeigt sich, dass die Spannweite im SzenPE0 mit 1.168 €/P/a deutlich über der der kurzen (793 €/P/a) und der langen Frist (597 €/P/a) liegt (siehe Schaubild 137). Dies war zu erwarten, da die Energieverbräuche in SzenPE0 deutlich über denen der kurzen und langen Frist liegen, weil eben annahmegemäß (Preiselastizität der Energienachfrage = 0) keine Reduktion des Verbrauchs stattfindet. Deswegen erhält das erste Dezil im SzenPE0 einen Gewinn von 406 €/P/a, während er in der kurzen Frist nur 326 €/P/a und in der langen Frist nur 258 €/P/a beträgt. Im zehnten Dezil liegt die durchschnittliche Belastung im SzenPE0 bei 762 €/P/a, in der kurzen Frist bei 467 €/P/a und in der langen Frist bei 339 €/P/a. Der Umschlag ins Negative liegt bei SzenPE0 zwischen dem sechsten und siebten Dezil, während er in der kurzen und langen Frist zwischen dem fünften und sechsten Dezil liegt.

Beim zweiten auf der langen Frist aufbauendem Szenario mit stärker über das Einkommen elastischer werdenden Preiselastizitäten (SzenPE<) ist die Spannweite mit 235 €/P/a von den vier betrachteten Varianten mit Abstand am geringsten. Der Umschlag der Nettowirkungen des Ökobonus ins Negative findet hier bereits im fünften Dezil und damit am frühesten statt.

Betrachtet man die Nettowirkung des Ökobonus relativ zum Nettoeinkommen (siehe Schaubild 137), so zeigt sich beim SzenPE0 ein streng monoton abnehmender Verlauf von einem Gewinn von 5,3% im ersten auf einen Verlust von 1,8% im zehnten Dezil. Der Verlauf stimmt mit denen der kurzen und langen Frist weitgehend überein, ist aber stärker ausgeprägt: So beträgt die Spannbreite im SzenPE0 7,1%, in der kurzen Frist 5,4% und in der langen Frist 4,2%. Beim SzenPE< geht die Nettowirkung des Ökobonus relativ zum Nettoeinkommen gesehen vom ersten bis siebten Dezil streng monoton zurück, von einem Gewinn von 2,2% im ersten Dezil bis auf einen Verlust von 0,1% im siebten Dezil, und schwankt danach zwischen einem Verlust von 0,1% bis 0,2%. Die progressive Verteilungswirkung des Ökobonus ist bei einer vollkommen unelastischen Energienachfrage (SzenPE0) also noch größer als in der kurzen und langen Frist, während sie bei stärker mit dem Einkommen elastischer werdenden Preiselastizitäten (SzenPE<) deutlich schwächer wird.

Allgemein ist festzuhalten, dass eine einkommensunabhängige Änderung der Preiselastizitäten an der progressiven Verteilungswirkung des Ökobonus nichts ändert, sondern nur die Stärke desselben beeinflusst. Anders sieht es aus, wenn man Energienachfragen annimmt, die mit steigendem Einkommen deutlich elastischer werden. Hier ist theoretisch eine Umkehr auf einen regressiven Zusammenhang möglich. Aber sogar die Annahme einer über die Dezile kontinuierlich ansteigenden und schließlich im zehnten Dezil dreimal preiselastischeren Energienachfrage als im ersten Dezil, führte nicht zu einer grundsätzlichen Umkehr der progressiven Verteilungswirkung der Ökobonus, sondern „nur“ zu einer Abschwächung derselben.

**Schaubild 137: Vergleich der Nettowirkungen des Ökobonus mit verschiedenen Preiselastizitäten**  
(oben: €/P/a; unten: % am Nettoeinkommen)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; SzenPE0/SzenPE<-Preiselastizitäten siehe Tab. 117; eigene Berechnung

## 12.4 Zusammenfassung

Sowohl die Szenariorechnungen zu den THG-Kostensätzen als auch zu den Preiselastizitäten ergaben, dass abweichende Annahmen zwar zu Änderungen bezüglich der Stärke der Progressivität der Nettowirkung des Ökobonus führen, jedoch in keinem der untersuchten Fälle eine Umkehr zu regressiven

Nettowirkungen zu beobachten war. Bei den THG-Kostensätzen ist eine solche Umkehr theoretisch unmöglich, da der Energieverbrauch – von dem die Frage der Richtung der Verteilungswirkung abhängt – durch sie nicht beeinflusst wird. Etwas anders sieht die Situation bei den Preiselastizitäten aus: Da die Wahl der Preiselastizitäten Auswirkungen auf den Energieverbrauch hat, ist hier theoretisch eine Umkehr zu regressiven Verteilungswirkungen möglich. Allerdings ergab selbst die Annahme einer über die Dezile kontinuierlich ansteigenden und schließlich im zehnten Dezil im Vergleich zum ersten Dezil dreimal preiselastischeren Energienachfrage (SzenPE<) keine Umkehr, sondern allein eine Abschwächung der Progressivität. Zusammenfassend lässt sich bezüglich der vorgenommenen Szenariorechnungen festhalten, dass diese die in den Berechnungen in Kapitel 11.6 festgestellte progressive Nettowirkung des Ökobonus bestätigen. Zumindest was die Wahl der THG-Kostensätze und Preiselastizitäten angeht, kann die Progressivität der Nettowirkungen des Ökobonus also als robustes Ergebnis angesehen werden.

## 13 Vergleich mit anderen Studien

### 13.1 Überblick

Bislang liegt für Deutschland – nach Wissen des Autors – keine Studie vor, die den in dieser Arbeit vorgenommenen Berechnungen zu den Nettowirkungen des Ökobonus entspricht. Allerdings gibt es zu Teilbereichen zahlreiche Veröffentlichungen, auf die im Verlauf der Arbeit auch teilweise schon hingewiesen wurde (siehe zum Beispiel Kapitel 8.2). In diesem Kapitel werden deswegen zur Einordnung und Plausibilisierung der eigenen Berechnungen Vergleiche mit den Ergebnissen anderer wichtiger Studien durchgeführt. Dabei werden die Teilbereiche Ausgabenanteile (Kapitel 13.2), Energieverbräuche (Kapitel 13.3.2 und 13.4), CO<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 13.3.2, 13.3.3 und 13.4) und externe Kosten (Kapitel 13.5) behandelt.

### 13.2 Vergleich der einkommensspezifischen Stromausgabenanteilen

#### 13.2.1 Überblick

Das DIW Berlin hat im Rahmen der Diskussion um die soziale Verträglichkeit der Energiewende und insbesondere der EEG-Umlage Berechnungen zu den einkommensspezifischen Stromausgabenanteilen auf Basis des Sozio-ökonomischen Panels (SOEP) für das Jahr 2013 durchgeführt (Neuhoff et al. 2012). Diese Anteile werden, nach einer kurzen Vorstellung der Methodik der DIW-Berechnungen, mit den eigenen mittels der EVS2013 berechneten einkommensspezifischen Stromausgabenanteile verglichen.

#### 13.2.2 Methodik

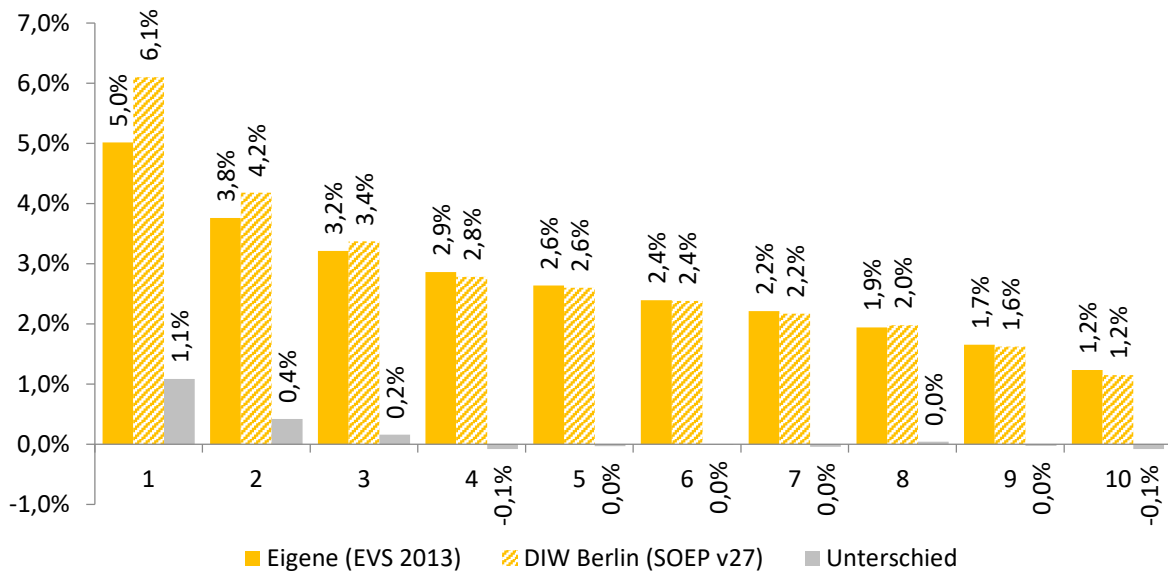
Als Datenbasis für die Berechnungen zieht das DIW Berlin das SOEP in der Version 27 heran. Allerdings bezieht sich das SOEP in der Version 27 auf das Jahr 2010. Um Werte für das Jahr 2013 zu berechnen, verwenden Neuhoff et al. (2012: 9) verschiedene Schätzverfahren. Wie bei den eigenen Berechnungen wird zur Klasseneinteilung das Nettoäquivalenzeinkommen mit der modifizierten OECD-Skala eingesetzt und darauf beruhend Dezil-Mittelwerte berechnet. Die Stromausgabenanteile werden, ebenfalls wie bei den eigenen Berechnungen, bezogen auf das Nettoeinkommen dargestellt. Da bei den DIW Berechnungen keine Differenzierung zwischen Haushalts- und Heizstrom vorgenommen wird, werden für den Vergleich die eigenen Positionen Haushalts- und Heizstrom aggregiert.

#### 13.2.3 Vergleich der Ergebnisse

Der Vergleich der DIW-Stromausgabenanteile mit den eigenen zeigt, dass diese vom vierten bis zehnten Dezil beinahe übereinstimmen (siehe Schaubild 138). Hier beträgt der Abstand maximal 0,1 Pro-

zentpunkte. Etwas anders sieht es bei den Dezilen eins bis drei aus: Hier liegt der Anteil der DIW-Ergebnisse höher. Vor allem im ersten Dezil liegt der Anteil mit 6,1% deutlich um 1,1 Prozentpunkte und damit deutlich höher als bei den eigenen, auf der EVS2013 beruhenden Ergebnissen.

**Schaubild 138: Vergleich der Stromausgabenanteile mit den Ergebnissen des DIW Berlin (Dezile; % am Haushaltsnettoeinkommen)**



Quelle: Neuhoff et al. 2012; eigene Berechnung

Darüber, warum die Werte in den unteren Dezilen voneinander abweichen, kann mit den vorliegenden Daten keine Aussage getroffen werden. Grundsätzlich kann es an zwei unterschiedlichen Teilvariablen liegen: Entweder sind die vom DIW Berlin auf Basis des SOEP berechneten Einkommen der unteren Dezile niedriger als die auf der EVS beruhenden selbst berechneten Einkommen. Oder die über die SOEP-Angaben berechneten Stromausgaben der Haushalte der unteren Dezile fallen höher aus als bei der EVS. Natürlich ist auch ein gleichzeitiges Auftreten der beiden genannten Sachverhalte möglich.

Bezogen auf die in dieser Arbeit behandelte Frage der sozialen Verträglichkeit einer Internalisierung der externen Kosten des Stromverbrauchs bedeuten die höheren Ausgabenanteile des SOEP in den unteren Einkommensbereichen, dass die unteren Einkommensbereiche (Dezile 1 bis 3) stärker belastet würden, als dies die selbst – auf Basis der EVS – berechneten Ergebnisse ausweisen. Da im Strombereich die Nettowirkung des Ökobonus auch bei den eigenen Berechnungen im Vergleich mit den anderen Bereichen (Wärme, Mobilität) schon nur relativ knapp zugunsten der einkommensschwächeren Haushalte ausfällt (siehe Kapitel 11.6.2), besteht im Strombereich – sollten die Stromausgabenanteile des SOEP zutreffender sein als die eigenen Berechnungen – die Gefahr, dass die Nettowirkung bei den einkommensschwachen Haushalten (vor allem im ersten Dezil) ins Negative drehen könnte.



Um die Auswirkungen abschätzen zu können, wurde mittels einer sehr einfachen Methodik eine Szenariorechnung vorgenommen (siehe Tab. 118). Bei dieser werden zunächst die prozentualen Abweichungen der DIW-Stromausgabenanteile von den selbst berechneten Ausgabenanteilen berechnet (zum Beispiel erstes Dezil:  $(6,1\% - 5,0\%) / 5,0\% = 21,6\%$ ). Um diese dezilspezifischen Unterschiede werden die (mittels der eigenen Stromausgabenanteile) berechneten finanziellen Belastungen der Internalisierung (kurze Frist) erweitert (erstes Dezil:  $74 \text{ €/P/a} * (1 + 21,6\%) = 90 \text{ €/P/a}$ ). Damit sollen die abweichenden DIW-Stromausgabenanteile simuliert werden. Die Nettowirkung des Ökobonus erhält man schließlich, wenn man die durchschnittliche finanzielle Belastung von den dezilspezifischen Werten abzieht. Wie in Tab. 118 zu sehen ist, hat die Nettowirkung bei den eigenen Berechnungen mit  $12 \text{ €/P/a}$  im ersten Dezil ihren maximalen Wert und fällt dann fast monoton über die Dezile ab bis auf  $-21 \text{ €/P/a}$  im zehnten Dezil. Werden nun stattdessen mittels der gerade erklärten Methodik die Stromausgabenanteile des SOEP simuliert, so ändert sich das Bild: Zwar liegt immer noch der Maximalwert der negativen Nettowirkung im zehnten Dezil mit  $-12 \text{ €/P/a}$  vor, aber auch im ersten Dezil ist jetzt mit  $-2 \text{ €/P/a}$  eine leicht negative Nettowirkung festzustellen. Allerdings stellt das erste Dezil eine Ausnahme dar; in den Dezilen zwei bis sechs ist hingegen immer noch eine positive Nettowirkung zu verzeichnen. Außerdem ist die Belastung auch im ersten Dezil mit  $2 \text{ €/P/a}$  nicht besonders hoch. Trotzdem zeigt die Szenariorechnung, dass im Strombereich die Verteilungswirkungen einer Internalisierung der externen Kosten inklusive anschließender Rückverteilung der Einnahmen mittels des Ökobonus bis zu einem gewissen Grad unsicher sind, da die absoluten Ausgaben in diesem Bereich nicht so stark voneinander abweichen, wie in den anderen untersuchten Bereichen.

**Tab. 118: Szenariorechnung: Stromausgabenanteile aus SOEP (Preiselastizität: kurze Frist)**

Dezile	Stromausgabenanteile (% des HH-Nettoeinkommens)			Finanzielle Belastung durch Internalisierung		Nettowirkung mit Ökobonus	
	Eigene (EVS2013)	DIW Berlin (SOEP v27)	Unter- schied	Eigene (EVS2013)	DIW Berlin (SOEP v27)	Eigene (EVS2013)	DIW Berlin (SOEP v27)
	%	%	%	€/P/a	€/P/a	€/P/a	€/P/a
1	5,0%	6,1%	21,6%	74	90	12	-2
2	3,8%	4,2%	11,2%	75	83	11	5
3	3,2%	3,4%	4,9%	81	84	5	3
4	2,9%	2,8%	-2,8%	81	78	5	9
5	2,6%	2,6%	-1,3%	86	85	0	3
6	2,4%	2,4%	-0,6%	85	85	1	3
7	2,2%	2,2%	-2,0%	90	88	-4	-1
8	1,9%	2,0%	2,0%	90	91	-4	-4
9	1,7%	1,6%	-1,9%	93	91	-7	-4
10	1,2%	1,2%	-6,6%	107	100	-21	-12
Ø	2,2%	?	?	86	88	0	0

Quellen: FDZ 2016; Neuhoﬀ et al. 2012; eigene Berechnung

### 13.3 Vergleich mit der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR)

#### 13.3.1 Überblick

In der UGR werden umfangreiche Berechnungen zu den Energieverbräuchen und CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte durchgeführt und veröffentlicht. Dabei setzt das Statistische Bundesamt momentan zwei aufeinander aufbauende Berechnungsweisen ein, die beide aufgrund ihrer Berechnungsweise und Differenzierungstiefe wertvolle Informationen liefern. Um die Plausibilität der eigenen Berechnungen zu überprüfen, werden die UGR-Ergebnisse in diesem Kapitel mit den selbst berechneten Ergebnissen verglichen. Dabei wird zunächst auf den als „klassisch“ bezeichneten und anschließend auf den „erweiterten“ UGR-Ansatz eingegangen.

#### 13.3.2 Klassischer UGR-Ansatz: Berechnung mit Emissionsfaktoren des UBA

##### 13.3.2.1 Methodik

Die genaue Berechnungsweise der UGR kann im Rahmen dieser Arbeit nicht erläutert werden, sie wird deswegen nur in groben Zügen skizziert.<sup>137</sup>

*„Wesentliche Grundlage für die Berechnung des Energieverbrauchs nach Produktionsbereichen und privaten Haushalten [...] im Rahmen der UGR sind die Daten der Energiebilanzen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), die durch Daten aus weiteren Quellen ergänzt werden“ (Statistisches Bundesamt (2014b): 46).<sup>138</sup>*

Die für den vorliegenden Vergleich der Verbräuche relevanten Anwendungsbilanzen der AGEB für Haushalte beruhen wiederum auf verschiedenen Quellen und Berechnungsmethoden.<sup>139</sup> Den einen Eckpfeiler der Anwendungsbilanz Haushalt bildet das Energieverbrauchspanel. Dieses wurde gemeinsam von RWI und forsa im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesverbandes für Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) seit dem Jahr 2003 systematisch aufgebaut. Das Energieverbrauchspanel besteht mittlerweile aus rund 15.000 Haushalten, wobei für die Schätzung des Energieverbrauchs der Jahre 2011 bis 2013 eine Nettostichprobe von 8.561 Haushalten zur Verfügung stand (Frondelet al. 2015a: 14). Die Erhebungsergebnisse werden dann mittels geeigneter Methoden für Deutschland hochgerechnet (Frondelet al. 2015a: 25). Die so mittels der bottom-up-Methodik der Haushaltsbefragungen berechneten detaillierten Informationen zum Energieverbrauch und zur Energieverwendung

---

<sup>137</sup> Für ausführlichere Informationen sei auf Statistisches Bundesamt (2014b) verwiesen.

<sup>138</sup> Ergänzt durch folgende Daten aus folgenden Quellen: Mineralölstatistik des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Energiestatistik des Statistischen Bundesamtes, Kraftfahrzeugzulassungsstatistik des Kraftfahrtbundesamtes (KBA), Kraftstoffberechnungen des Deutschen Instituts für Wirtschaft (DIW).

<sup>139</sup> Ausführlicher dargestellt ist die Methodik in Frondelet al. 2015a und RWI (2016).

der Haushalte werden anschließend mit den Energiebilanzen der AGEB kalibriert. „Der Energieverbrauch über alle Anwendungszwecke und Energieträger summiert sich daher wieder zu den Werten der AGEB“ (AGEB 2016a: 22).

Die Energiebilanzen der AGEB – der andere Eckpfeiler der Anwendungsbilanzen – beruhen selbst wiederum auf zahlreichen Quellen. Eine Übersicht der bei den Energiebilanzen verwendeten Quellen und Methodik ist in AGEB (2015) zu finden. Grundsätzlich lässt sich der Ansatz der Energiebilanzen eher als Top-Down-Ansatz charakterisieren, da die Energiebilanzen auf Daten von Gesamtverbräuchen (zum Beispiel Daten zum Kohleverbrauch) beruhen, die dann mittels geeigneter Variablen heruntergerechnet werden. Bei den Anwendungsbilanzen der Haushalte werden nun der bottom-up-Ansatz des Energieverbrauchspanels und der Top-Down-Ansatz der Energiebilanzen verknüpft, um so möglichst aussagekräftige und übereinstimmende Daten zu erhalten.

Die Energiedaten der Anwendungsbilanzen der Haushalte werden, wie bereits am Anfang dieses Kapitels erwähnt, von der UGR weitestgehend übernommen. Kleinere Anpassungen werden vorgenommen, wie zum Beispiel der Ausschluss von gewerblich genutzten Flächen. Außerdem findet bei der UGR eine Temperaturbereinigung im Raumwärmebereich statt. Um die Daten der UGR mit den eigenen Berechnungen besser vergleichen zu können, wurden vom Statistischen Bundesamt jedoch Werte ohne Temperaturbereinigung erfragt, die freundlicherweise auch umgehend zu Verfügung gestellt wurden.<sup>140</sup>

Für die CO<sub>2</sub>-Berechnungen der UGR für die privaten Haushalte im Bereich „Energie“ werden die Energieverbräuche mit Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes multipliziert. Diese erstellt das UBA im Rahmen des Nationalen Inventarberichts. Erhältlich sind die Emissionsfaktoren auf der Internetseite des UBA (UBA 2016). Neben den direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen in den privaten Haushalte, die bei der Brennstoffverbrennung innerhalb der Haushalte auftreten, werden auch die indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigt, die bei der Bereitstellung der Energieträger auftreten.

Um die Ergebnisse der UGR mit den eigenen vergleichen zu können, müssen im ersten Schritt die in der UGR verwendeten Klassifikationen der eigenen Klassifikation zugeordnet werden. Dargestellt ist die Zuordnung in Tab. 119. Weil die Klassifikationen nicht komplett übereinstimmen beziehungsweise sich überlappen, wurden die eigenen Klassen „Feste Brennstoffe“ und „Sonstige“ zu einer Klasse zusammengefasst. Dieser wurden die UGR-Klassen „Kohle“ und „Sonstige“ zugeordnet. Der eigenen Klasse „Heizstrom“ wurde die UGR-Klassifikation „Strom: Anwendungsbereich Raumwärme“ zugeordnet, die restlichen Anwendungsbereiche von Strom hingegen der eigenen Klasse „Haushaltsstrom“.

<sup>140</sup> E-Mail vom 14.03.2017. Ein ausdrücklicher Dank gilt hierfür Herrn Helmut Mayer und Frau Petra Fehrentz vom Statistischen Bundesamt.

Den eigenen Klassen „Benzin“ und „Diesel“ wurden die UGR-Klassen „Dieselmotor“ und „Otto-Motor“ zugeordnet. Dabei ist zu erwähnen, dass unter „Otto-Motor“ auch die Energieträger „Flüssiggas (Autogas)“ und „Erdgas“ aufsummiert sind. Diese werden hier ebenfalls berücksichtigt, da bei den eigenen Berechnungen alle Kraftstoffausgaben auf die Klassen „Diesel“ und „Benzin“ aufgeteilt wurden. Allerdings könnte durch die alleinige Zuordnung zur Klasse „Benzin“ ein Fehler entstehen. Da „Flüssiggas (Autogas)“ und „Erdgas“ zusammen jedoch nur rund 2% des gesamten Kraftstoffenergieverbrauchs ausmachen, ist die möglicherweise fehlerhafte Aufteilung und der dadurch möglicherweise entstehende Fehler als eher gering einzuschätzen. Im Kraftstoffbereich sind zudem sowohl beim Diesel als auch beim Benzin die jeweiligen Bio-Varianten (Biodiesel, Bioethanol) ebenfalls Teil der UGR-Klassifikation. Diese müssen jedoch nicht extra berücksichtigt werden, da sie (mindestens zum allergrößten Teil) als Beimischung in den „normalen“ Kraftstoffen enthalten sind (E5 beziehungsweise E10). Die Energieverbräuche des ÖPV und des Flugzeugs werden in der UGR nicht spezifisch für die privaten Haushalte ausgewiesen.

**Tab. 119: Zuordnung der UGR-Klassifikation (klassischer Ansatz)**

Eigene Klassifikation	UGR-Klassifikation
Gas	Gas
Heizöl	Mineralöl
Heizstrom	Strom: Anwendungsbereich "Raumwärme"
Fernheizung	Fernwärme
Feste Brennstoffe+Sonstiges	Kohle+Sonstiges
Haushaltsstrom	Strom: Anwendungsbereiche "Warmwasser" + "Sonstige Prozesswärme" + "Mechanische Energie" + "Beleuchtung"
Benzin	Otto-Motor (Benzin, Bioethanol, Flüssiggas (Autogas), Erdgas)
Diesel	Dieselmotor (Diesel, Biodiesel)
ÖPV	-
Flugzeug	-

*Quelle: Statistisches Bundesamt 2015a; eigene Zuordnung*

Zur Berechnung der UGR-Ergebnisse wurden wie bereits erwähnt Werte ohne Temperaturbereinigung vom Statistischen Bundesamt erfragt. Ansonsten entsprechen die unbereinigten Tabellen jedoch den bereinigten Tabellen des Tabellenbands der UGR. Hier werden deswegen als Quellenangabe die Tabellennummern der offiziellen Tabellenbände angegeben.

Für den Bereich der Haushaltsenergie (Wärme + Strom) wurde für den Energieverbrauch die Tabelle „3.3.6.1: Energieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen nach Energieträgern (unbereinigt)“ verwendet. Die dort in Petajoule und für alle privaten Haushalte vorliegenden Ergebnisse wurden mittels eines Umrechnungsfaktors zunächst in kWh (1 PJ = 277.778.000 kWh) und anschließend mittels der

Bevölkerungsdaten des Statistischen Bundesamts (2017c) in pro Kopf-Werte umgerechnet. Für die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde die Tabelle „3.3.6.5: CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte - direkt und indirekt“ verwendet, wobei die Aufteilung nach Energieträgern auf Anfrage vom Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellt wurde.<sup>141</sup> Wie zuvor beim Energieverbrauch wurden auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Pro-Kopf-Werte umgerechnet. Bei den Kraftstoffen werden keine Temperaturbereinigungen vorgenommen. Hier kann deswegen auf die offiziellen Veröffentlichungen des UGR zurückgegriffen werden. Konkret wurde die Tabelle „11.5.2: Energieverbrauch nach Kraftstoffarten“ (Statistisches Bundesamt 2015a) verwendet. Die Berechnungsmethodik unterscheidet sich bezüglich der Haushaltsenergie allein dadurch, dass die Ursprungseinheit Terajoule (TJ) statt Petajoule (PJ) betrug, insofern der Umrechnungsfaktor durch ein Tausend geteilt werden musste (1 TJ = 277.778 kWh). Für die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde die Tabelle „11.6.2: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Kraftstoffarten“ verwendet.

Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen muss noch im Unterschied zu den eigenen Berechnungen darauf hingewiesen werden, dass die Emissionen der UGR nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen und nicht die Emissionen anderer Treibhausgase enthalten. Um möglichst aussagekräftige Vergleiche anstellen zu können, werden bei den eigenen Ergebnissen abweichend zu den sonst vorgestellten Ergebnissen auch nur die CO<sub>2</sub>- und nicht die Emissionen anderer Treibhausgase berücksichtigt. Außerdem sind bei den eigenen Emissionsberechnungen beim MIV auch die Emissionen der Fahrzeugherstellung inbegriffen, bei der UGR hingegen nicht. Selbes gilt im Wärmebereich für die Heizungsanlagen.

### **13.3.2.2 Vergleich der Ergebnisse**

Der Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen der UGR (siehe Tab. 120) zeigt bezüglich der Summe der gesamten hier betrachteten jährlichen Pro-Kopf-Energieverbräuche (Wärme, Haushaltsstrom und MIV) im Jahr 2008 mit 13.276 kWh/P/a einen um 13% (1.558 kWh/P/a) höheren Energieverbrauch bei der UGR an, als bei den eigenen Berechnungen (11.718 kWh/P/a). Im Jahr 2013 liegt der Unterschied mit 20% (2.254 kWh/P/a) noch höher: Laut der eigenen Berechnungen liegt der Energieverbrauch bei 11.258 kWh/P/a, laut der UGR bei 13.512 kWh/P/a. Hervorzuheben ist dabei, dass die UGR-Daten eine leichte Erhöhung des Energieverbrauchs von 2008 bis 2013 um 2% (236 kWh/P/a) ergeben, während die eigenen Berechnungen einen Rückgang um 4% (-460 kWh/P/a) ausweisen.

Vergleicht man die Ergebnisse aufgeteilt in die Klassen „Wärme“, „Haushaltsstrom“ und „MIV“, so ist die prozentuale Abweichung am größten beim „MIV“ mit 20% (774 kWh/P/a) im Jahr 2008 beziehungsweise 29% (1.069 kWh/P/a) im Jahr 2013. Beim „Haushaltsstrom“ liegt die Abweichung im Jahr 2008 zunächst nur bei 7% (105 kWh/P/a), steigt dann im Jahr 2013 jedoch auf 23% (293 kWh/P/a) an. Dem relativ deutlichen Rückgang des Haushaltsstromverbrauchs von 10% (-128 kWh/P/a) bei den eigenen

<sup>141</sup> Siehe Fußnote 140.

Berechnungen steht ein leichter Anstieg von 3% (51 kWh/P/a) bei den UGR-Ergebnissen gegenüber. Bei der Wärme liegt der Unterschied zwischen UGR und eigenen Berechnungen im Jahr 2008 bei 11% (679 kWh/P/a) und im Jahr 2013 bei 14% (892 kWh/P/a). Besonders ausgeprägt sind die relativen Abweichungen bei den Unterklassen „Feste Brennstoffe + Sonstige“ mit einem im Jahr 2008 um 130% und im Jahr 2013 um 76% höheren Wert bei der UGR und bei der Unterklasse „Benzin“, wo der UGR-Wert im Jahr 2008 um 41% und im Jahr 2013 um 34% höher liegt.

**Tab. 120: Energieverbrauch — Vergleich der eigenen mit den Ergebnissen des klassischen UGR-Ansatz (kWh/P/a)**

Energieträger	2008			2013			Änderung	
	Eigene	UGR	Unterschied	Eigene	UGR	Unterschied	Eigene	UGR
<b>Wärme</b>	<b>6.445</b>	<b>7.124</b>	<b>11%</b>	<b>6.238</b>	<b>7.130</b>	<b>14%</b>	<b>-3%</b>	<b>0%</b>
Gas	2.791	3.332	19%	2.618	3.414	30%	-6%	2%
Heizöl	2.388	2.078	-13%	1.983	1.815	-8%	-17%	-13%
Feste Brennstoffe + Sonstiges	409	942	130%	653	1.149	76%	60%	22%
Heizstrom	168	208	23%	132	116	-12%	-22%	-44%
Fernheizung	688	564	-18%	831	635	-24%	21%	13%
<b>Haushaltsstrom</b>	<b>1.414</b>	<b>1.520</b>	<b>7%</b>	<b>1.277</b>	<b>1.570</b>	<b>23%</b>	<b>-10%</b>	<b>3%</b>
<b>MIV</b>	<b>3.859</b>	<b>4.633</b>	<b>20%</b>	<b>3.742</b>	<b>4.812</b>	<b>29%</b>	<b>-3%</b>	<b>4%</b>
Benzin	2.269	3.194	41%	2.141	2.875	34%	-6%	-10%
Diesel	1.590	1.439	-10%	1.601	1.937	21%	1%	35%
<b>Gesamt</b>	<b>11.718</b>	<b>13.276</b>	<b>13%</b>	<b>11.258</b>	<b>13.512</b>	<b>20%</b>	<b>-4%</b>	<b>2%</b>

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; Statistisches Bundesamt 2015a; weitere Quellen siehe Schritte 3-5; eigene Berechnung*

Beim Vergleich der THG-Emissionen zeigen sich auf Ebene der aufsummierten THG-Emissionen aller hier betrachteten Bereiche relativ nah beieinander liegende Werte (siehe Tab. 121). Im Jahr 2008 betragen diese bei den eigenen Berechnungen mit 3.752 kg CO<sub>2</sub>/P/a rund 6% (233 kg CO<sub>2</sub>/P/a) weniger als bei den UGR-Berechnungen. Allerdings vergrößert sich der Abstand im Jahr 2013 auf 18%: In diesem Jahr betragen die UGR-Emissionen mit 4.112 kg CO<sub>2</sub>/P/a insgesamt 616 kg CO<sub>2</sub>/P/a mehr als die eigenen Berechnungen, die einen Wert von 3.496 kg CO<sub>2</sub>/P/a ergeben. Wie schon bei den Energieverbräuchen zeigt sich auch bei CO<sub>2</sub>-Emissionen eine unterschiedliche Entwicklung zwischen UGR und den eigenen Berechnungen: Während die CO<sub>2</sub>-Emissionen laut der eigenen Berechnungen um 7% zurückgehen, steigen sie laut der UGR um 3% an. Besonders große Abweichungen zeigen sich bei den einzelnen Energieträgern bei der Kategorie „Feste Brennstoffe + Sonstiges“ mit Abweichungen von 2476% im Jahr 2008 und 1681% im Jahr 2013. Wie schon die Unterschiede beim Energieverbrauch gezeigt haben, werden unter dem Bereich „Sonstige“ bei der UGR offenbar deutlich mehr Energieträger gefasst als

bei den eigenen Berechnungen. Das ist mindestens zum Teil der über die EVS nicht genauer möglichen Differenzierung der Ausgaben geschuldet, da dort zum Beispiel nur nach der hauptsächlichen Heizungsart gefragt wird und feinere Unterscheidungen bei den eigenen Berechnungen deswegen nicht möglich sind. Dass die Unterschiede im Bereich feste Brennstoffe bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen noch einmal deutlich höher ausfallen als beim Energiebereich, lässt sich wahrscheinlich damit erklären, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren der bei der UGR unter „Sonstige“ summierten Energieträger deutlich höher liegen als bei den eigenen Berechnungen. Bei den eigenen Berechnungen wird mangels anderer Werte angenommen, dass die Emissionen denen von „Gas“ entsprechen.

**Tab. 121: CO<sub>2</sub>-Emissionen – Vergleich der eigenen mit den Ergebnissen des klassischen UGR-Ansatz (kg CO<sub>2</sub>/P/a)**

Energieträger	2008			2013			Änderung	
	Eigene	UGR	Unterschied	Eigene	UGR	Unterschied	Eigene	UGR
<b>Wärme</b>	<b>1.700</b>	<b>1.924</b>	<b>13%</b>	<b>1.563</b>	<b>1.969</b>	<b>26%</b>	<b>-8%</b>	<b>2%</b>
Gas	636	715	12%	597	746	25%	-6%	4%
Heizöl	754	583	-23%	626	514	-18%	-17%	-12%
Feste Brennstoffe + Sonstiges	14	348	2476%	24	427	1681%	78%	23%
Heizstrom	99	117	18%	77	66	-15%	-22%	-44%
Fernheizung	197	162	-18%	238	217	-9%	21%	34%
<b>Haushaltsstrom</b>	<b>829</b>	<b>854</b>	<b>3%</b>	<b>749</b>	<b>886</b>	<b>18%</b>	<b>-10%</b>	<b>4%</b>
<b>MIV</b>	<b>1.223</b>	<b>1.207</b>	<b>-1%</b>	<b>1.185</b>	<b>1.257</b>	<b>6%</b>	<b>-3%</b>	<b>4%</b>
Benzin	747	825	11%	705	742	5%	-6%	-10%
Diesel	477	382	-20%	480	515	7%	1%	35%
<b>Gesamt</b>	<b>3.752</b>	<b>3.985</b>	<b>6%</b>	<b>3.496</b>	<b>4.112</b>	<b>18%</b>	<b>-7%</b>	<b>3%</b>

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; Statistisches Bundesamt 2015a; weitere Quellen siehe Schritte 3-6; eigene Berechnung

Insgesamt lässt sich aus dem Vergleich der Ergebnisse der UGR mit den eigenen Berechnungen das Fazit ziehen, dass die Größenordnung der eigenen Berechnungen sowohl des Energieverbrauchs als auch der CO<sub>2</sub>-Emissionen insgesamt recht gut mit denen der UGR übereinstimmen. Allerdings weicht zum einen die Richtung der Entwicklung von 2008 bis 2013 voneinander ab, und zum anderen zeigen sich insbesondere auf Ebene der einzelnen Energieträger teilweise deutliche Abweichungen. Dies verdeutlicht, dass die hier vorgenommenen Berechnungen mit einiger Unsicherheit verbunden sind und mindestens auf der Ebene der einzelnen Energieträger mit Vorsicht betrachtet werden sollten. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

### 13.3.3 Erweiteter UGR-Ansatz: Zusätzliche Berechnungen über EE-IOA

#### 13.3.3.1 Methodik

Die Berechnungen dieser als zweiter UGR-Ansatz bezeichneten Methodik bauen auf den Berechnungen und Daten des ersten UGR-Ansatzes auf. Auf Ebene der direkten Energieverbräuche und Emissionsberechnungen sind sie grundsätzlich identisch. Allerdings werden über die Methodik der Environmental Extended-Input-Output-Analyse (EE-IOA) zusätzliche Berechnungen durchgeführt, die eine Zuordnung der indirekt verursachten Energieverbräuche und Emissionen auf die privaten Haushalte zulassen und zwischen Importen und Exporten unterscheidet. Es wird dabei ein hybrider Rechenansatz eingesetzt, der sich durch den vermischten Einsatz von monetären und physischen Einheiten auszeichnet und so eine nach 73 Produktionsbereichen disaggregierte Berechnung ermöglicht. Weiterhin wird zwischen inländischen und Importgütern unterschieden, wobei bei den Gütern zwischen 14 unterschiedlichen Lieferländern differenziert wird (Mayer und Flachmann 2011: 11).

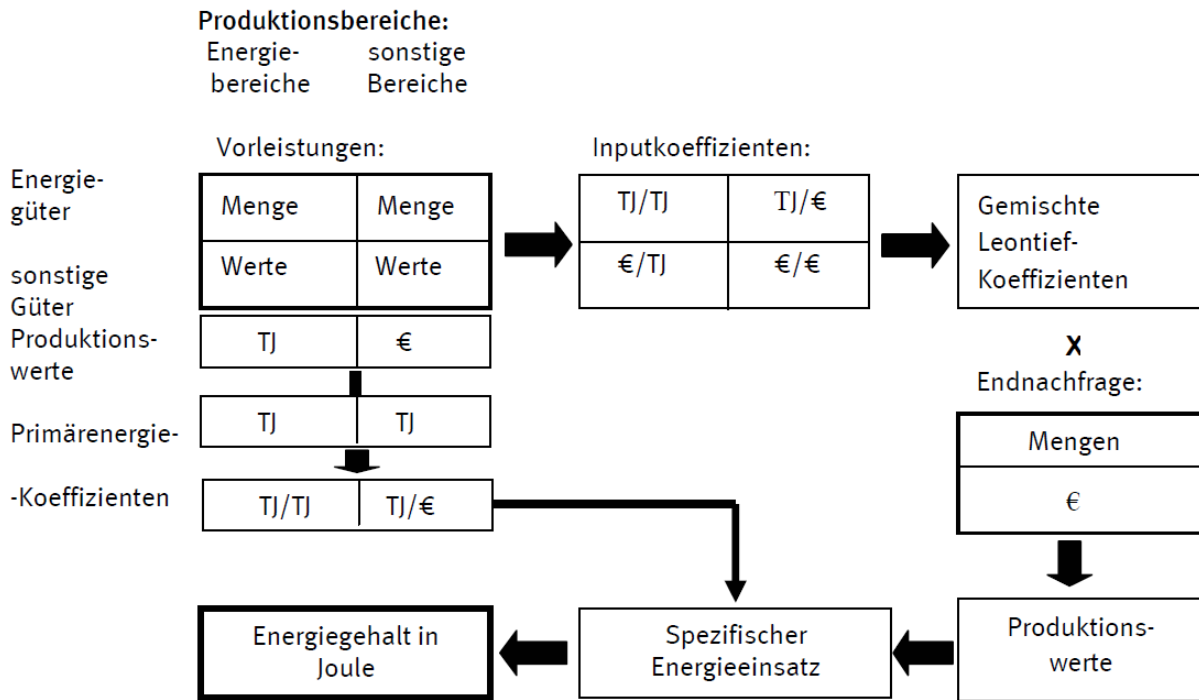
In Schaubild 139 ist eine Übersicht der Methodik des hybriden Input-Output-Modells abgebildet. Diese ist sehr komplex und kann deswegen hier nicht umfänglich dargestellt werden. Ausführlich dargestellt ist die Methodik in Mayer und Flachmann (2011: 45-69). Die im Folgenden verwendeten Ergebnisse für die Jahre 2008 und 2013 stammen aus der UGR 2017 (Statistisches Bundesamt 2017a).<sup>142</sup> Um die Ergebnisse des zweiten Ansatzes der UGR mit den eigenen Ergebnissen vergleichen zu können, wurde die UGR-Klassifikation der eigenen zugeordnet. Diese Zuordnung ist in Tab. 122 dargestellt.

---

<sup>142</sup> Die Ergebnisse sind Teil der UGR 2017, die zum Zeitpunkt der Endbearbeitung dieser Arbeit jedoch noch nicht erschienen war. Deswegen wurde als Quelle die Internetveröffentlichung der Daten auf der Seite des Statistischen Bundesamts angegeben, auf der die Ergebnisse bereits vorab veröffentlicht wurden.



Schaubild 139: Berechnungsschema für hybrides Input-Output-Modell



Quelle: Mayer und Flachmann 2011: 48

Tab. 122: Zuordnung der UGR-Klassifikation (erweiterter Ansatz)

Eigene Klassifikation	UGR-Klassifikation
Haushaltsstrom/ Wärme	Energie (direkt)
	Energiegüter
MIV	Kraftstoffe (direkt)
	Kraftfahrzeuge
ÖPNV/ ÖPFV/ Flugzeug	Verkehrsleistungen

Quelle: eigene Zuordnung

### 13.3.3.2 Vergleich der Ergebnisse

Beim Vergleich der Ergebnisse des erweiterten UBA-Ansatzes mit den eigenen Berechnungen zeigt sich, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen der betrachteten Bereiche im Jahr 2008 mit 5.010 kg CO<sub>2</sub>/P/a um 14% (628 kg CO<sub>2</sub>/P/a) höher ausfallen als die eigenen Berechnungen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 4.542 kg CO<sub>2</sub>/P/a ergeben. Auf die einzelnen Bereiche aufgeteilt, unterscheiden sich diese prozentual gesehen noch deutlich stärker voneinander. Im Bereich „Haushaltsstrom/Wärme“ liegt der Unterschied bei 23%, beim Bereich „MIV“ bei 24% und beim Bereich „ÖPV/Flugzeug“ sogar bei 41%. Dabei sind bei den beiden erstgenannten Bereichen die Emissionen in der UGR höher, beim letztgenannten hingegen die eigenen Emissionsberechnungen. Ein Teil der sehr deutlichen Abweichung im Bereich

„ÖPV/Flugzeug“ lässt sich wömoglich damit erklären, dass in den UGR-Berechnungen offenbar die direkt bei ausländischen Fluglinien gebuchten Flüge nicht Teil der Berechnungen sind, da sie nicht in den Input-Output-Tabellen der Importe enthalten sind.<sup>143</sup>

Im Jahr 2013 wachsen die Unterschiede zwischen den eigenen und den UGR-Berechnungen an. Aggregiert betrachtet steigen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der UGR-Berechnung im Vergleich zu 2008 auf 5.210 kg CO<sub>2</sub>/P/a um 4% an, während sie in der eigenen Berechnung um 5% auf 4.177 kg CO<sub>2</sub>/P/a zurückgehen. Dabei vergrößert sich der Unterschied prozentual betrachtet insbesondere im Bereich „Haushaltsstrom/Wärme“ von 23% auf 39%, im Bereich „MIV“ wächst er von 24% auf 30% und im Bereich „ÖPV/Flugzeug“ geht der Unterschied zurück auf 32%.

**Tab. 123: CO<sub>2</sub>-Emissionen – Vergleich der eigenen mit den Ergebnissen des erweiterten UBA-Ansatzes (kg CO<sub>2</sub>/P/a)**

Energieträger	2008			2013			Änderung	
	Eigene	UGR	Unterschied	Eigene	UGR	Unterschied	Eigene	UGR
Haushaltsstrom/Wärme	2.529	3.120	23%	2.312	3.210	39%	-9%	3%
MIV	1.223	1.520	24%	1.185	1.540	30%	-3%	1%
ÖPV/Flugzeug	629	370	-41%	681	460	-32%	8%	24%
<b>Gesamt</b>	<b>4.382</b>	<b>5.010</b>	<b>14%</b>	<b>4.177</b>	<b>5.210</b>	<b>25%</b>	<b>-5%</b>	<b>4%</b>

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; Statistisches Bundesamt 2017a (siehe Fußnote 142); weitere Quellen siehe Schritte 3-6; eigene Berechnung*

Der Vergleich mit dem erweiterten UGR-Ansatz bestätigt also grundsätzlich die Ergebnisse des Vergleichs mit dem ersten UGR-Ansatz, wobei das Ausmaß des Unterschieds bei den aggregierten CO<sub>2</sub>-Emissionen mit 14% im Jahr 2008 und 25% im Jahr 2013 beim erweiterten Ansatz noch einmal höher ausfällt, als beim ersten UGR-Ansatz, wo sie 3% (2008) beziehungsweise 13% (2013) betrugen. Das war so zu erwarten, da im erweiterten UGR-Ansatz nun beispielsweise auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen der KFZ-Herstellung enthalten sind. Bei beiden UGR-Ansätzen steigen die CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2008 bis 2013 leicht an (klassisch: 3%, erweitert: 4%), während sie bei den eigenen Berechnungen um 7% beziehungsweise 5% abnehmen.

Zusammenfassend lässt sich bezüglich des Vergleichs der eigenen Ergebnisse mit denen der UGR festhalten, dass die Größenordnung der eigenen Berechnungen durch die UGR bestätigt wird, es jedoch deutliche Abweichungen vor allem innerhalb der einzelnen Bereiche gibt und insbesondere der bei den eigenen Ergebnissen festgestellte Rückgang des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die UGR-Berechnungen nicht bestätigt wird. So weisen die UGR-Ansätze im Gegenteil leicht steigende

<sup>143</sup> Quelle: E-Mail-Auskunft des Statistischen Bundesamts vom 26.04.2017.

Verbräuche und Emissionen aus. Das verdeutlicht die bestehenden Unsicherheiten bei den eigenen Berechnungen, auf die ausführlich in Kapitel 14.1 eingegangen wird.

## **13.4 Vergleich mit ECOLOG-Studie zum Pro-Kopf-Ressourcenverbrauch**

### **13.4.1 Überblick**

Im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA) wurden unter der Federführung des ECOLOG-Instituts für sozial-ökologische Forschung und Bildung im Rahmen einer Studie repräsentative Befragungen zum Ressourcenverbrauch der Menschen in Deutschland durchgeführt (Kleinhückelkotten et al. 2016). Basierend auf diesen Befragungen wurden Energieverbräuche und THG-Emissionen berechnet. Da auch Daten zum Einkommen und zur Haushaltsgröße/-zusammensetzung erhoben wurden, können die Ergebnisse auch aufgeteilt nach dem Nettoäquivalenzeinkommen dargestellt werden. Im Folgenden werden kurz die Methodik der Erhebung skizziert und die für den Vergleich mit den eigenen Ergebnissen notwendigen Zuordnungen vorgestellt, bevor anschließend die Ergebnisse des Vergleichs präsentiert werden.

### **13.4.2 Methodik**

Im Auftrag des Umweltbundesamts wurden unter der Federführung des ECOLOG-Instituts im Zeitraum März bis April 2014 durch die Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) über Face-to-Face-Befragungen mittels der CAPI-Methode (Computer Assisted Personal Interview) von 1.012 Privatpersonen über 18 Jahren bezüglich deren Ressourcenverbrauch durchgeführt (Kleinhückelkotten et al. 2016). Ziel war es mittels dieser Befragungen und anschließender Hochrechnungen repräsentative Pro-Kopf-Ressourcenverbräuche zu berechnen, die außerdem nach sozio-ökonomischen Merkmalen unterschieden werden können. In Tab. 124 sind die durch die Befragung abgedeckten Themenbereiche aufgeführt.

Tab. 124: Themenbereiche der ECOLOG-Datenerhebung

Ressourcenverbrauch und THG-Emissionen	Personen-/ haushaltsbezogene Merkmale
<b>Fläche</b>	<b>Soziodemografie</b>
Wohnfläche (Erstwohnung)	Anzahl der Personen im Haushalt, Zahl der Kinder
Bebaute Grundstücksfläche	Geschlecht
Zweitwohnung	Alter
<b>Energie und THG-Emissionen</b>	Höchster Bildungsabschluss
Heizung	Erwerbstätigkeit
Warmwasser	Berufliche Stellung
Wäsche waschen und trocknen	Persönliches und Haushaltsnettoeinkommen
Kühlen und Gefrieren	Wohnort (Größe und Lage relativ zum Zentrum)
Kochen	Bundesland
Geschirr spülen	Staatsangehörigkeit
Mediennutzung	<b>Soziale Milieus</b>
Beleuchtung	Milieu-Indikator von sociodimensions
Sauna	<b>Einstellungen</b>
Alltagsmobilität	Umwelt
Urlaubsreise	Ressourcenverbrauch
Ernährung	
Kleidung	
Haltung von Haustieren	
Eigene EE-Anlagen	
Kompensation von THG-Emissionen	
<b>Stoffliche Ressourcen</b>	
Kraftfahrzeuge	
Haushaltsgeräte	
Unterhaltungs- und Informationstechnik	
Kleingeräte	
Kleidung	
Druckerzeugnisse	

Quellen: Kleinhüchelkotten et al. 2016: 38; eigene Darstellung

Bezüglich der sozio-ökonomischen Merkmale wurden unter anderem das Alter, die Anzahl der Haushaltsmitglieder und das persönliche beziehungsweise Haushaltsnettoeinkommen erfasst. Deswegen ist es möglich die Energieverbräuche – wie bei den eigenen Erhebungen – aufgeteilt nach dem Nettoäquivalenzeinkommen zu berechnen.<sup>144</sup> Erhoben wurde das das monatliche Haushaltsnettoeinkommen in folgender Aufteilung:

<sup>144</sup> Ausführlich dargestellt ist die Methodik der Datenerhebung und Hochrechnung in Kleinhüchelkotten et al. (2016: 34-45).

- unter 500 Euro
- 500 bis unter 1.000 Euro
- 1.000 bis unter 1.500 Euro
- 1.500 bis unter 2.000 Euro
- 2.000 bis unter 2.500 Euro
- 2.500 bis unter 3.000 Euro
- 3.000 bis unter 3.500 Euro
- 3.500 bis unter 4.000 Euro
- 4.000 bis unter 4.500 Euro
- 4.500 Euro bis unter 5.000 Euro
- 5.000 Euro und mehr

Aufgrund der relativ geringen Stichprobengröße von 1.012 Personen werden die Ergebnisse jedoch nur in vier Nettoäquivalenzeinkommens-Klassen aufgeteilt dargestellt. Diese sind in Tab. 125 aufgeführt. Sie beziehen sich anders als die eigenen Ergebnisse nicht auf ein Jahr, sondern auf einen Monat, liegen also in der Einheit Euro pro Person pro Monat vor (€/P/m). Wie zu sehen ist, ist die Fallzahl bei der Klasse „3.000 und mehr“ mit 42 Personen relativ klein. Deswegen müssen die Ergebnisse dieser Klasse mit größerer Vorsicht betrachtet werden.

**Tab. 125: Nettoäquivalenzeinkommensklassen und Fallzahlen der ECOLOG-Erhebung**

Nettoäquivalenzeinkommensklasse (€/P/m)	Fallzahl
unter 1.000	186
1.000 bis 1.999	601
2.000 bis 2.999	183
3.000 und mehr	42

*Quellen: Kleinhüchelkotten et al. 2016: 37; eigene Darstellung*

Die Berechnung der Energieverbräuche und THG-Emissionen beruht neben den Befragungsergebnissen noch auf zahlreichen weiteren Quellen. Grundsätzlich werden aus den unter zahlreichen Annahmen berechneten Energieverbräuchen unter zu Hilfenahme von Emissionsfaktoren die THG-Emissionen berechnet. Hier wird sich auf die Darstellung der zur Umrechnung der Energieverbräuche in THG-Emissionen verwendeten Emissionsfaktoren beschränkt (siehe Tab. 126). Die genaue Darstellung würde hier den Rahmen sprengen. Ausführlich dargestellt ist die Berechnungsweise im Anlageband der Studie (Kleinhüchelkotten und Neitzke 2016).

Tab. 126: THG-Emissionsfaktoren der ECOLOG-Erhebung

Energieträger	Emissionsfaktoren (kg CO <sub>2</sub> e/kWh)
Steinkohle	0,380
Braunkohlebrikett	0,481
Heizöl	0,310
Erdgas	0,230
Flüssiggas	0,285
Strom (dt. Mix)	0,429
Fernwärme	0,206
Ökostrom	0,040
Stückholz	0,014
Holz-Hackschnitzel/-Pellets	0,045
Holz allgemein	0,030

Quelle: Kleinhüchelkotten und Neitzke 2016: 18; eigene Darstellung

Um die Ergebnisse der ECOLOG-Erhebung mit den eigenen Ergebnissen vergleichen zu können, mussten die Klassifikationen der Anwendungsbereiche einander zugeordnet werden. Dargestellt ist diese Zuordnung in Tab. 127.

Tab. 127: Zuordnung der ECOLOG-Klassifikation

ECOLOG-Klassifikation	Eigene Klassifikation
Heizung	Wärme
Baden & Duschen	
Waschen & Trocknen	Haushaltsstrom
Beleuchtung	
Kühlen/ Gefrieren/ Kochen/ Geschirrspülen	
TV	
Computer	
Sauna	
Aquarien	
Alltagsmobilität	Mobilität
Urlaubsreisen	
Nahrungsmittel	-
Kleidung	-
Haustierfutter	-

Quellen: Kleinhüchelkotten et al. 2016; eigene Zuordnung und Darstellung

Außerdem müssen auch die Nettoäquivalenzeinkommensklassen zugeordnet werden. Die eigene Klassifikation in Dezile ist dabei deutlich differenzierter als die der ECOLOG-Erhebung, wo nur vier Klassen

vorliegen. Deswegen werden die Dezile der eigenen Klassifikation entsprechend ihres Grenzwertes jeweils einer der vier Klassen der ECOLOG-Erhebung zugeordnet. Darstellt ist diese Zuordnung in Tab. 128. Anders als bei den Ergebnissen zuvor, wird hier das Nettoäquivalenzeinkommen entsprechend der Vorgehensweise in der ECOLOG-Studie in Euro pro Person und Monat (€/P/m) ausgewiesen.<sup>145</sup> Die Zuordnung ist nicht perfekt, die maximale Abweichung von 106 €/P/m beim achten auf das neunte Dezil zum eigentlich Grenzwert von 3.000 €/P/m wird jedoch noch als akzeptabel eingeschätzt. Zur Umrechnung der eigenen Ergebnisse von Dezilwerten in die vier Klassen der ECOLOG-Klassifikation werden die Mittelwerte aus den zugeordneten Dezilen gebildet.

**Tab. 128: Zuordnung der Nettoäquivalenzeinkommensklassen**

Eigene Klassifikation		ECOLOG-Klassifikation
<i>Dezil</i>	<i>oberer Grenzwert (€/P/m)</i>	<i>Intervall (€/P/m)</i>
1	974	unter 1.000
2	1.254	1.000 bis 1.999
3	1.496	
4	1.721	
5	1.945	
6	2.190	2.000 bis 2.999
7	2.489	
8	2.894	
9	3.592	3.000 und mehr
10	> 3.592	

*Quellen: FDZ 2016; Kleinhückelkotten et al. 2016; eigene Zuordnung*

Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist auch insofern eingeschränkt, als dass die Erhebungszeiträume voneinander abweichen. Die eigenen Ergebnisse beruhen auf der EVS2013 und wurden damit über das gesamte Jahr 2013 erhoben. Die Ergebnisse der ECOLOG-Erhebung beruhen hingegen auf Befragungen, die im März und April 2014 durchgeführt wurden.

### 13.4.3 Vergleich der Ergebnisse

Hier wird ausschließlich auf den Vergleich mit den eigenen Ergebnissen auf Basis der im Kapitel zuvor vorgestellten Zuordnungen eingegangen. Im Anhang sind die Ergebnisse der ECOLOG-Studie jedoch in ihrer ursprünglichen Klassifikation dargestellt (Schaubild 148 und Schaubild 149).

Beim Vergleich der berechneten Energieverbräuche (siehe Tab. 129) zeigt sich, dass der Gesamtverbrauch der betrachteten Bereiche bei der ECOLOG-Erhebung mit 11.638 kWh/P/a 12% (-1.639

<sup>145</sup> Beim Vergleich der Ergebnisse werden diese jedoch wie in der restlichen Arbeit auf ein Jahr bezogen.

kWh/P/a) niedriger liegen, als die eigenen Berechnungen (13.277 kWh/P/a). Insbesondere im Mobilitätsbereich ist der Unterschied mit -22% (-1.287 kWh/P/a) recht groß.

Bezüglich der einkommensspezifischen Unterschiede lässt sich feststellen, dass sowohl bei den eigenen als auch bei den Ergebnissen der ECOLOG-Erhebung ein klarer positiver Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Nettoäquivalenzeinkommen festgestellt werden kann: In allen Bereichen steigt der Energieverbrauch streng monoton über die Einkommensklassen an. Allerdings ist dieser Anstieg bei den eigenen Erhebungen stärker ausgeprägt. So verbraucht laut den eigenen Erhebungen die vierte Klasse (3.000 €/P/m und mehr) über alle betrachteten Bereiche das 2,4-fache der ersten Klasse (unter 1.000 €/P/m); bei der ECOLOG-Erhebung liegt dieses Verhältnis hingegen nur bei 2,0. Hauptsächlich verantwortlich dafür ist der Unterschied im Bereich „Wärme“: Hier verbraucht laut den eigenen Erhebung die vierte Klasse das 1,7-fache (7.933 kWh/P/a) der ersten Klasse (4.534 kWh/P/a); bei der ECOLOG-Erhebung liegt dieses Verhältnis hingegen nur bei 1,2 (vierte Klasse: 6.358 kWh/P/a; erste Klasse: 5.439 kWh/P/a).

Die Ursachen für diese Abweichungen sind aufgrund der sehr unterschiedlichen Berechnungsweisen nur schwer auszumachen. Dass die eigenen Ergebnisse im unteren Einkommensbereich im Heizungs-bereich niedriger ausfallen, könnte möglicherweise damit zusammenhängen, dass bei Hartz-IV die Heizungsausgaben direkt vom Jobcenter bezahlt werden und deswegen bei der EVS nicht korrekt erfasst sind. Dass auf der anderen Seite die Heizenergieverbräuche im oberen Einkommensbereich in den ECOLOG-Erhebungen niedriger ausfallen, könnte möglicherweise mit der niedrigen Fallzahl der ECOLOG-Erhebung von gerade einmal 42 Haushalten in der Klasse 4 (3.000 €/P/m und mehr) zusammenhängen. Das sind alles jedoch nur Mutmaßungen. Eine wirklich fundierte Analyse der Unterschiede würde einen vollumfänglichen Vergleich der Methoden verlangen, der im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden kann.

Festzuhalten bleibt, dass der grundsätzliche Befund eines mit dem Nettoäquivalenzeinkommen ansteigenden Energieverbrauchs sowohl von den eigenen als auch von den ECOLOG-Ergebnissen gestützt wird, das genaue Ausmaß des Anstiegs jedoch voneinander abweicht.



Tab. 129: Vergleich der Energieverbräuche mit der ECOLOG-Erhebung

Nettoäquivalenz-einkommensklasse	Eigene (2013)	ECOLOG (2014)	Unterschied	
€/P/m	kWh/P/a	kWh/P/a	kWh/P/a	%
<b>Wärme</b>				
unter 1.000	4.534	5.439	905	20%
1.000 bis 1.999	5.525	5.792	267	5%
2.000 bis 2.999	6.628	6.105	-523	-8%
3.000 und mehr	7.933	6.358	-1.575	-20%
<b>Ø</b>	<b>6.238</b>	<b>5.807</b>	<b>-431</b>	<b>-7%</b>
<b>Haushaltsstrom</b>				
unter 1.000	1.089	1.220	131	12%
1.000 bis 1.999	1.187	1.351	164	14%
2.000 bis 2.999	1.307	1.479	172	13%
3.000 und mehr	1.507	1.492	-15	-1%
<b>Ø</b>	<b>1.277</b>	<b>1.356</b>	<b>79</b>	<b>6%</b>
<b>Mobilität</b>				
unter 1.000	2.448	2.364	-84	-3%
1.000 bis 1.999	4.336	4.080	-256	-6%
2.000 bis 2.999	6.078	6.625	547	9%
3.000 und mehr	9.793	10.091	298	3%
<b>Ø</b>	<b>5.762</b>	<b>4.475</b>	<b>-1.287</b>	<b>-22%</b>
<b>Gesamt</b>				
unter 1.000	8.071	9.023	952	12%
1.000 bis 1.999	11.048	11.223	175	2%
2.000 bis 2.999	14.013	14.209	196	1%
3.000 und mehr	19.233	17.941	-1.292	-7%
<b>Ø</b>	<b>13.277</b>	<b>11.638</b>	<b>-1.639</b>	<b>-12%</b>

Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; Kleinhückelkotten et al. 2016; weitere Quellen siehe Schritte 3-5; eigene Berechnung

Ein ähnliches Ergebnis wie bei den Energieverbräuchen zeigt sich auch beim Vergleich der THG-Emissionen. Das ist wenig verwunderlich, da sich die Emissionen aus den mit Emissionsfaktoren multiplizierten Energieverbräuchen ergeben. Da jedoch unterschiedliche Emissionsfaktoren benutzt wurden beziehungsweise die zu Grunde liegenden Verbrauchsdaten auf tieferer Ebene voneinander abweichen, weichen die Unterschiede bei den THG-Emissionen etwas von denen der Energieverbräuche ab. Diese Abweichungen sind jedoch insgesamt nicht sehr groß: So liegen die THG-Emissionen der UGR-Erhebung mit insgesamt 3.777 kg CO<sub>2</sub>e/P/a um 13% (-584 kg CO<sub>2</sub>e/P/a) unterhalb der eigenen Berechnungen (4.361 kg CO<sub>2</sub>e/P/a). Am größten ist der Unterschied wie bei den Energieverbräuchen mit 27% (-524 kg CO<sub>2</sub>e/P/a) im Mobilitätsbereich.

Wie bei den Energieverbräuchen zeigt sich auch bei den THG-Emissionen ein über die Einkommensklassen streng monoton steigender Verlauf, sowohl bei den eigenen als auch bei den ECOLOG-Ergebnissen. Allerdings gilt dies nur für das aggregierte Ergebnis; in den Bereichen Wärme und Haushaltsstrom ist hingegen von der dritten auf die vierte Klasse ein leichter Rückgang der Emissionen zu verzeichnen. Offensichtlich ergeben die ECOLOG-Befragungen (oder die Annahmen), dass in der vierten Klasse mit weniger CO<sub>2</sub>-intensiven Mitteln geheizt beziehungsweise Strom erzeugt wird. Sollten die Ergebnisse der ECOLOG-Befragung korrekt sein — was aufgrund der relativ niedrigen Fallzahl im oberen Einkommenssegment jedoch zumindest bezweifelt werden kann —, so würde eine Internalisierung der externen THG-Kosten mit anschließender Rückverteilung über den Ökobonus in den Bereichen Wärme und Haushaltsstrom zwar immer noch insgesamt progressive Nettowirkungen aufweisen, allerdings würde die obere Mittelschicht (3. Einkommensklasse) und nicht die Oberschicht (4. Einkommensklasse) am stärksten belastet. Das steht im Gegensatz zu den eigenen Ergebnissen, die auch bei der Wärme und beim Haushaltsstrom einen streng monoton mit dem Einkommen steigenden Verlauf der THG-Emissionen und dementsprechend die stärkste Nettobelastung in der höchsten Einkommensklasse ausweisen.

Im Mobilitätsbereich liegt jedoch auch bei den ECOLOG-Erhebungen ein sehr deutlicher positiver Zusammenhang zwischen Einkommen und THG-Emissionen vor: Hier steigen die Emissionen streng monoton von 701 kg CO<sub>2</sub>e/P/a in der ersten Klasse auf 3.366 kg CO<sub>2</sub>e/P/a in der vierten Klasse an. Demnach wird also im Mobilitätsbereich in der vierten Klasse durchschnittlich 4,8-mal so viel CO<sub>2</sub>e ausgestoßen wie in der ersten Klasse. Das übertrifft sogar die eigenen Berechnungen, nach denen das Verhältnis von vierter zu erster Klasse bei 3,6 lag (vierte Klasse: 3.167 kg CO<sub>2</sub>e/P/a; erste Klasse: 864 kg CO<sub>2</sub>e/P/a). Im Mobilitätsbereich würde also eine Internalisierung der externen Kosten mit einer anschließenden Rückverteilung der Einnahmen mittels eines Ökobonus auch nach den Ergebnissen der ECOLOG-Erhebung zu progressiven Verteilungswirkungen führen. Da die Mobilitätsemissionen einen relativ großen Anteil ausmachen, beziehungsweise weil der einkommensspezifische Unterschied bei diesen so groß ist, gilt dies bei der ECOLOG-Erhebung — entsprechend der eigenen Erhebung — auch für die Betrachtung der gesamten THG-Emissionen. Bei den eigenen Erhebungen war der Unterschied zwischen vierter und erster Klasse mit einem Verhältnis von 2,2 zu 1 jedoch etwas höher als bei der ECOLOG-Erhebung, wo dieses Verhältnis bei 2,0 zu 1 liegt.

Tab. 130: Vergleich der THG-Emissionen mit der ECOLOG-Erhebung

Nettoäquivalenz-einkommensklasse	Eigene (2013)	ECOLOG (2014)	Unterschied	
€/P/m	kg CO <sub>2</sub> e/P/a	kg CO <sub>2</sub> e/P/a	kg CO <sub>2</sub> e/P/a	%
<b>Wärme</b>				
unter 1.000	1.237	1.424	186	15%
1.000 bis 1.999	1.484	1.494	9	1%
2.000 bis 2.999	1.751	1.606	-145	-8%
3.000 und mehr	2.084	1.497	-587	-28%
<b>Ø</b>	<b>1.659</b>	<b>1.501</b>	<b>-158</b>	<b>-10%</b>
<b>Haushaltsstrom</b>				
unter 1.000	674	797	123	18%
1.000 bis 1.999	734	897	162	22%
2.000 bis 2.999	809	945	136	17%
3.000 und mehr	932	922	-11	-1%
<b>Ø</b>	<b>790</b>	<b>888</b>	<b>98</b>	<b>12%</b>
<b>Mobilität</b>				
unter 1.000	864	701	-163	-19%
1.000 bis 1.999	1.459	1.255	-203	-14%
2.000 bis 2.999	2.004	2.065	61	3%
3.000 und mehr	3.167	3.366	200	6%
<b>Ø</b>	<b>1.912</b>	<b>1.388</b>	<b>-524</b>	<b>-27%</b>
<b>Gesamt</b>				
unter 1.000	2.775	2.922	147	5%
1.000 bis 1.999	3.677	3.645	-32	-1%
2.000 bis 2.999	4.564	4.616	52	1%
3.000 und mehr	6.183	5.785	-398	-6%
<b>Ø</b>	<b>4.361</b>	<b>3.777</b>	<b>-584</b>	<b>-13%</b>

Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; Kleinhückelkotten et al. 2016; weitere Quellen siehe Schritte 3-5; eigene Berechnung

## 13.5 Vergleich mit UBA-Berechnung zu gesellschaftlichen Kosten von Umweltbelastungen

### 13.5.1 Überblick

Das Umweltbundesamt stellt auf seiner Homepage Berechnungen zu den gesellschaftlichen Kosten von Umweltbelastungen bereit (UBA 2017). Darin werden die durch den Energieverbrauch in den Bereichen Wärme, Strom und Straßenverkehr entstehenden Umweltkosten für Deutschland berechnet. Im Folgenden werden kurz die Methodik und die zum Vergleich mit den eigenen Ergebnissen notwendigen Schritte vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse miteinander verglichen.

### 13.5.2 Methodik

Die Berechnungen des UBA zu den gesellschaftlichen Kosten von Umweltbelastungen umfassen die Bereiche Wärme (Heizen), Strom und Straßenverkehr. Auf der Energieseite beruhen sie auf Daten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (A-GEE-Stat), des BMWI (Erneuerbare Energie in Zahlen) und von TREMOD (Transport Emission Model). Zur Berechnung der externen Kosten werden – wie in der vorliegenden Arbeit – die Kostensätze der Methodenkonvention 2.0 des Umweltbundesamtes (Schwermer et al. 2014) verwendet.

Um die UBA-Ergebnisse mit den eigenen Vergleichen zu können, sind fünf Umrechnungsschritte notwendig:

1. Die UBA-Ergebnisse liegen preisbereinigt auf das Jahr 2010 vor. Um die Ergebnisse der Jahre 2008 und 2013 mit den eigenen vergleichbar zu machen, werden die preisbereinigten Werte des UBA mittels des VPI (Statistisches Bundesamt 2017b) in jeweilige Preise zurückgerechnet.
2. Die Berechnungen des UBA beziehen sich auf den gesamten Energieverbrauch und nicht nur auf den Energieverbrauch der privaten Haushalte. Um die Ergebnisse trotzdem zumindest ungefähr vergleichen zu können, werden die Ergebnisse des UBA mit dem prozentualen Anteil der privaten Haushalte am Energieverbrauch der jeweiligen Bereiche (Wärme, Strom, Straßenverkehr) multipliziert. Zur Ermittlung der Anteile der privaten Haushalte am Energieverbrauch für die Bereiche Strom und Wärme wird auf die Auswertungstabellen der AG Energiebilanzen (AGEB 2016b: Tab. 6.1, Tab. 6.3.1, Tab. 6.4) zurückgegriffen. Für den Bereich Straßenverkehr werden Daten der UGR (Statistisches Bundesamt 2015a: Tab. 11.5.1) verwendet. Dargestellt sind die Berechnungen der Anteile der privaten Haushalte am Energieverbrauch für die Jahre 2008 und 2013 in Tab. 131.

**Tab. 131: Anteile der privaten Haushalte am Energieverbrauch (PJ/a)**

Bereich	2008			2013		
	Verbrauch privater Haushalte	Verbrauch gesamt	Anteil priv. HH	Verbrauch privater Haushalte	Verbrauch gesamt	Anteil priv. HH
<b>Wärme</b>	2.056	4.701	44%	2.066	4.683	44%
<b>Strom</b>	502	1.887	27%	490	1.884	26%
<b>Straßenverkehr</b>	1.326	2.301	58%	1.370	2.323	59%
<b>Gesamt</b>	<b>3.884</b>	<b>8.889</b>	<b>44%</b>	<b>3.926</b>	<b>8.890</b>	<b>44%</b>

*Quellen: UBA 2017; AGEB 2016b; Statistisches Bundesamt 2015a; eigene Berechnung*

3. Die UBA-Werte werden schließlich entsprechend der eigenen Darstellung in Pro-Kopf-Werte umgerechnet. Dazu werden die Bevölkerungsdaten des Statistischen Bundesamts (Statistisches Bundesamt 2017c) verwendet. Die Berechnungsschritte der Punkte 1 bis 3 sind in Tab. 132 dargestellt

Tab. 132: Umrechnung der vom UBA berechneten externen Kosten

Bereich	Ursprüngliche Werte, preisbereinigt (Mrd. €)		Schritt 1: Jeweilige Preise (Mrd. €)		Schritt 2: Anteil privater Haushalte (Mrd. €)		Schritt 3: Pro-Kopf-Werte (€/Kopf)	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013
Wärme	35,2	33,7	34,7	35,6	15,2	15,7	188	195
Strom	53,7	49,4	53,0	52,2	14,1	13,6	175	168
Straßenverkehr	49,4	51,1	48,7	54,0	28,1	31,9	348	395
<b>Gesamt</b>	<b>138,3</b>	<b>134,2</b>	<b>136,4</b>	<b>141,8</b>	<b>59,6</b>	<b>62,6</b>	<b>738</b>	<b>777</b>

Quellen: UBA 2017; AGEb 2016b; Statistisches Bundesamt 2015a; Statistisches Bundesamt 2017b; Statistisches Bundesamt 2017c

- Bei den Kostensätzen im Mobilitätsbereich sind beim UBA anders als bei den eigenen Berechnungen keine Verkehrsunfälle enthalten. Deswegen werden auch bei den eigenen Berechnungen für den Vergleich die externen Kosten durch Verkehrsunfälle ausgeschlossen.
- Schließlich ist eine Zuordnung der eigenen Klassifikation auf die des UBA notwendig. Dargestellt ist die Zuordnung in Tab. 133.

Tab. 133: Zuordnung der UBA-Klassifikation

UBA-Klassifikation	Eigene Klassifikation
Strom	Haushaltsstrom
	Heizstrom
Wärme	Gas
	Heizöl
	Feste Brennstoffe
	Fernheizung
	Sonstige Wärme
Straßenverkehr	MIV Benzin
	MIV Diesel
	Linienbus, Stadtbus
	Reisebus

Quelle: eigene Darstellung

### 13.5.3 Vergleich der Ergebnisse

Der Vergleich der externen Kosten zeigt in der Pro-Kopf-Betrachtung im Jahr 2008 mit insgesamt 738 €/P/a beim UBA einen um 22% höheren Wert an, als die eigenen Berechnungen (603 €/P/a). Dabei liegen die eigenen Berechnungen in allen Bereichen unter denen des UBA: Die größte prozentuale Abweichung liegt mit 26% beim Strom vor, gefolgt von 20% beim Straßenverkehr und 8% im Wärmebereich. Im Jahr 2013 vergrößert sich der Abstand der vom UBA berechneten externen Kosten zu den eigenen auf 29%, da die selbst berechneten externen Kosten mit 603 €/P/a relativ konstant bleiben,

während die externen Kosten des UBA um 5% auf 777 €/P/a ansteigen (in jeweiligen Preisen). Allerdings zeigen sowohl die Berechnungen des UBA als auch die eigenen Berechnungen einen Rückgang der externen Kosten im Strombereich an, wobei der Rückgang bei den eigenen Berechnungen mit 11% deutlicher ausfällt als beim UBA (-4%).

Festhalten lässt sich, dass die externe Kostenberechnungen des UBA von der Größenordnung her relativ gut mit den eigenen Berechnungen übereinstimmen, wobei die eigenen Berechnungen je nach Bereich und Jahr zwischen 8% bis 36% unterhalb der vom UBA berechneten externen Kosten liegen. Im Vergleich mit den Berechnungen des UBA können die eigenen Berechnungen der durchschnittlichen externen Kosten also als eher vorsichtig gerechnet angesehen werden.

**Tab. 134: Vergleich der externen Kosten mit Berechnungen des UBA (jeweilige Preise, €/P/a)**

Bereich	2008			2013			Entwicklung (2013-2008)	
	Eigene	UBA	Unterschied	Eigene	UBA	Unterschied	Eigene	UBA
Wärme	174	188	8%	178	195	10%	2%	4%
Strom	139	175	26%	124	168	36%	-11%	-4%
Straßenverkehr	290	348	20%	303	395	30%	4%	14%
Gesamt	603	738	22%	604	777	29%	0%	5%

*Quellen: Eigene: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; Statistisches Bundesamt 2017a (siehe Fußnote 142); weitere Quellen siehe Schritte 3-10; UBA: UBA 2017; AGEb 2016b; Statistisches Bundesamt 2015a; Statistisches Bundesamt 2017b; Statistisches Bundesamt 2017c; eigene Berechnung*

### 13.6 Zusammenfassung

Der Vergleich von Teilergebnissen der eigenen Arbeit mit den Ergebnissen anderer Studien zeigt auf der aggregierten Ebene für die Energieverbräuche, THG-Emissionen und externen Kosten zwar leicht abweichende, von der Größenordnung jedoch vergleichbare Werte. So weichen die Ergebnisse auf aggregierter Ebene maximal um 29% (siehe Tab. 134), meist jedoch deutlich weniger voneinander ab. Ein einkommensspezifischer Vergleich war allein bei der ECOLOG-Studie möglich: Wie bei den eigenen Ergebnissen zeigen sich auch dort auf der aggregierten Ebene mit dem Einkommen ansteigende Energieverbräuche und THG-Emissionen (siehe Kapitel 13.4). Die Ergebnisse der eigenen Berechnungen scheinen also mindestens von der Größenordnung her plausibel und der Versuch, die EVS als Ausgangspunkt für die eigenen Auswertungen heranzuziehen, kann insofern als gelungen bezeichnet werden. Allerdings zeigen sich auf der Bereichsebene – und vorallem auf der Energieträgerebene (siehe Tab. 121) – teilweise sehr deutliche Unterschiede. Hinzu kommt, dass die eigenen auf der EVS beruhenden Berechnungen von 2008 bis 2013 einen Rückgang des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen ergaben, während die UGR hingegen einen Anstieg ausweist (siehe Tab. 123). Bezüglich der Aussagekraft der hier angestellten Vergleiche muss zudem einschränkend darauf hingewiesen werden,

dass die Ergebnisse der dafür herangezogenen Studien in gewissem Umfang angepasst werden mussten, um sie vergleichbar mit den eigenen Ergebnissen zu machen. Und auch danach bestehen mindestens auf der Ebene der einzelnen Energieträger höchstwahrscheinlich noch Abweichungen bei den Klassifikationen, die wahrscheinlich für einen Teil der festgestellten Unterschiede verantwortlich sind.

Insgesamt lässt sich also festhalten, dass die Vergleiche die grundsätzliche Größenordnung der eigenen Berechnungen bestätigen, sie allerdings insbesondere auf der Ebene der einzelnen Energieträger darauf hinweisen, dass die eigenen Berechnungen mit einigen Unsicherheiten behaftet sind und deswegen mit Vorsicht interpretiert werden sollten. Das folgende Kapitel befasst sich deswegen mit der kritischen Auseinandersetzung mit der Aussagekraft der eigenen Berechnungen.





## 14 Diskussion und Analyse

### 14.1 Kritische Auseinandersetzung mit der Aussagekraft der Ergebnisse

#### 14.1.1 Überblick

In diesem Kapitel werden die in dieser Arbeit berechneten Ergebnisse bezüglich ihrer Aussagekraft analysiert. Dazu wird sich zunächst mit der statistischen Genauigkeit der verwendeten Datensätze (EVS; MiD2008) auseinandergesetzt. Das umfasst Ausführungen zum nicht-stichprobenbedingten Fehler, zum relativer Standardfehler und zu Konfidenzintervallen (Kapitel 14.1.2). Anschließend werden die Auswirkungen der einzelnen Berechnungsschritte auf die Genauigkeit der Berechnungen untersucht (siehe Kapitel 14.1.3). Im Gegensatz zu den Untersuchungen zur Genauigkeit der verwendeten Datensätze können hier allerdings, in Ermangelung dafür benötigter Daten, nur theoretische Überlegungen und keine konkreten statistischen Auswertungen vorgenommen werden.

#### 14.1.2 Genauigkeit der EVS und der MiD2008

##### 14.1.2.1 Nicht-stichprobenbedingter Fehler

Die in dieser Arbeit durchgeführten Berechnungen beruhen in ihrem ersten Schritt auf den Ausgaben- und Einnahmendaten der EVS. Die EVS stellt die größte Haushaltsbefragung dieser Art in Europa dar (Statistisches Bundesamt 2016b: 4). Trotzdem weist natürlich auch die EVS wie jede Nichtvollerhebung Einschränkungen bezüglich ihrer Genauigkeit auf. Dabei unterscheidet man zwischen dem stichprobenbedingten und dem nicht-stichprobenbedingten Fehler.

Zur Bestimmung des nicht-stichprobenbedingten Fehlers wären aufwändige Controllerhebungen notwendig, die jedoch vom Statistischen Bundesamt nicht durchgeführt werden, da dies „im Rahmen dieser Erhebung nicht möglich war“ (Statistisches Bundesamt 2016b: 9). Das Statistische Bundesamt trifft jedoch folgende Aussagen bezüglich des nichtstichprobenbedingten Fehlers, die damit auch für die eigenen Auswertungen der EVS geltend gemacht werden können:

*„Die bei konventionellen Quotenstichproben häufig auftretenden Nichtstichprobenfehler, die auf einer subjektiven Auswahl der zu befragenden Haushalte durch Interviewer beruhen, sind bei der EVS2013 ausgeschlossen. Um die nicht-stichprobenbedingten, inhaltlichen Fehler möglichst klein zu halten, wurden sowohl umfangreiche Plausibilitätsprüfungen als auch eine Budgetierung (Gegenüberstellung der Einnahmen und Ausgaben) durchgeführt.“ (Statistisches Bundesamt 2016b: 9)*

Ein nicht-stichprobenbedingter Fehler und damit eine Einschränkung bezüglich der Repräsentativität der Ergebnisse der EVS ergibt sich durch die eingesetzte obere Abschneidegrenze des

Haushaltsnettoeinkommens von 18.000 Euro pro Monat (Statistisches Bundesamt 2016b: 4). Begründet wird die obere Abschneidegrenze mit einer zu geringen Teilnahmebereitschaft von Haushalten mit hohem Einkommen, was dazu führe, dass die Fallzahlen für diese Haushalte zu gering und damit nicht repräsentativ wären (Statistisches Bundesamt 2016b: 5).<sup>146</sup> Bezüglich der Auswirkungen der oberen Abschneidegrenze auf die Repräsentativität halten Becker und Hauser (2004) jedoch nach einem Vergleich mit dem Mikrozensus und dem SOEP folgendes fest:

„Die EVS erweist sich also trotz der vieldiskutierten Abschneidegrenze als eine für Gesamtverteilungs- wie auch für Reichtumsanalysen geeignete Datenbasis.“ (Becker und Hauser 2004: 89)

Diese Aussage begründen die Autoren unter anderem damit, dass laut dem Mikrozensus 2001 nur 0,2% der deutschen Haushalte ein Haushaltsnettoeinkommen oberhalb der Abschneidegrenze der EVS besaßen (Becker und Hauser 2004: 86). Zwar beziehen sich die Analysen von Becker und Hauser auf die EVS1998 und EVS2003, die Ergebnisse lassen sich jedoch wegen im Grundsatz unveränderter Erhebungsmethoden aller Voraussicht nach auch auf die EVS2008 und EVS2013 übertragen. Trotzdem ist nicht auszuschließen, dass die Repräsentativität der EVS wegen der Abschneidegrenze im oberen Einkommensbereich etwas eingeschränkt ist. Welche Auswirkungen der Ausschluss der Haushalte mit Einkommen über der Abschneidegrenze hat, kann hier nur gemutmaßt werden: Betrachtet man den ansonsten festgestellten steigenden Zusammenhang zwischen Einkommen und Energieverbrauch (und den besonders großen Sprung zwischen neuntem und zehntem Dezil, siehe Kapitel 10.4), so lässt dies vermuten, dass auch der Verbrauch der oberhalb der Einkommensabschneidegrenze liegenden Haushalte überdurchschnittlich hoch ist und die Nettowirkung für diese Haushalte negativ ist. Sollte dies zutreffen, so würde ein Einbezug dieser Haushalte dazu führen, dass die ärmeren Haushalte noch stärker vom Ökobonus profitieren würden.

#### **14.1.2.2 Relativer Standardfehler**

Bezüglich des stichprobenbedingten Fehlers lassen sich hingegen konkrete statistische Auswertungen durchführen. Zur Quantifizierung desselben setzt das Statistische Bundesamt den relativen Standardfehler ein, mit dem der Stichprobenzufallsfehler „zuverlässig geschätzt“ (Statistisches Bundesamt 2016b: 9) werden könne. Zur Berechnung des relativen Standardfehlers wird der Standardfehler durch den arithmetischen Mittelwert geteilt. Allerdings ist die Berechnung von Standardfehlern theoretisch nur für Zufallsstichproben gestattet und deswegen für die EVS, die eine Quotenstichprobe darstellt, eigentlich nicht zulässig. Das Statistische Bundesamt führt diese Berechnungen dennoch durch und hält dazu fest:

---

<sup>146</sup> Ebenfalls nicht einbezogen in die EVS sind Personen in Gemeinschaftsunterkünften und Anstalten sowie Obdachlose (Statistisches Bundesamt 2016b: 5). Das hat jedoch auf die eigenen Berechnungen eher geringeren Einfluss.

*„Um dennoch Aussagen über die Präzision der Ergebnisse aus der EVS2013 machen zu können, wurde unterstellt, dass die Fehlerwerte der Quotenstichprobe näherungsweise den Fehlerwerten einer geschichteten Zufallsauswahl entsprechen, wobei die Quotierungsmerkmale den Schichtmerkmalen entsprechen. Neben dem Stichprobenzufallsfehler als wichtigste Komponente trägt auch eine Verzerrung des Schätzverfahrens zum gesamten Stichprobenfehler bei. Diese Verzerrung des Schätzverfahrens kann aber bei großen Stichprobenumfängen (wie bei der EVS2013 der Fall) gegenüber dem Zufallsfehler in der Regel vernachlässigt werden.“ (Statistisches Bundesamt 2016b: 8)*

Deswegen wurde es für die eigenen Berechnungen ebenfalls als zulässig angesehen, die relativen Standardfehler als Maß für die Genauigkeit der Ergebnisse zu berechnen. Dabei gibt es keine allgemeingültige Bewertungsvorschrift bezüglich des relativen Standardfehlers. Das Statistische Bundesamt nimmt an, dass es bei einem relativen Standardfehler von 10 bis 20% um einen statistisch unsicheren Wert handelt. Solche Werte werden in den EVS-Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamts zwar ausgewiesen, allerdings in Klammern gesetzt. Mittelwerte mit einem relativen Standardfehler von unter 10% nennt das Statistische Bundesamt hingegen „uneingeschränkt veröffentlichungsfähig“ (Statistisches Bundesamt 2016b: 8). Allerdings beruht die Einstufung des Statistischen Bundesamts nicht auf tatsächlichen Berechnungen des relativen Standardfehlers, sondern es werden Fallzahlen zu Grunde gelegt. Einer Fallzahl von 25 bis 100 wird ein relativer Standardfehler von 10 bis 20%, einer Fallzahl von mehr als 100 hingegen ein relativer Standardfehler kleiner 10% unterstellt (Statistisches Bundesamt 2016b: 8). Werte, die auf weniger als 25 Fallzahlen beruhen, werden nicht ausgewiesen, wobei keine Angaben zur Höhe des relativen Standardfehlers gemacht werden. Aus dem Kontext ergibt sich aber für Fallzahlen kleiner 25 ein angenommener relativer Standardfehler von mehr als 20%.

Eine etwas großzügigere „Daumenregel“ wird in einer Veröffentlichung der UN genannt: Werte mit einem relativen Standardfehler von unter 25% gelten als ausreichend verlässlich für die meisten Einsatzzwecke („sufficiently reliable for most purposes“), Werte mit einem relativen Standardfehler zwischen 25% und 50% sollten hingegen nur mit Vorsicht verwendet werden („should be used with caution“) und Werte mit einem relativen Standardfehler von mehr als 50% werden als zu unsicher für eine Publikation eingestuft („too unreliable to be published“) (United Nations 2005: 158).

Die relativen Standardfehler der eigenen Auswertungen der Ausgaben auf niedriger Aggregationsebene sind in Tab. 135 aufgeführt. Dabei sind relative Standardfehler von 10% bis 20% orange gefärbt, solche von mehr als 20% rot. Auf der Dezisebene liegen relative Standardfehler von mehr als 20% bei den Positionen „Sonstige Wärme“ und „Flüge (mÜ)“ vor. Zwischen 10% und 20% sind sie teilweise bei den Positionen „Feste Brennstoff“, „Verkehrsdienstl. (mÜ)“, „Flüge (oÜ)“ und „Flüge (Pauschal).

Wie in Tab. 136 zu sehen ist, korreliert die Höhe des relativen Standardfehlers dabei sehr deutlich mit der Fallzahl, also der Anzahl der Fälle, die einen Ausgabenwert von mehr als 0 bei der jeweiligen Position angegeben haben. Dabei sind in Tab. 136 Fallzahlen zwischen 25 und 100 orange und von weniger als 25 rot dargestellt. Bei der Position „Sonstige Wärme“ liegt der mit Abstand größte Standardfehler mit 64,8% (5. Dezil) vor. Dieser ist so groß, da im fünften Dezil gerade einmal 7 Haushalte einen Wert von mehr als 0 Euro bei der „Sonstigen Wärme“ aufweisen. Die hohen relativen Standardfehler bei der „Sonstigen Wärme“ stellen im Gesamtzusammenhang jedoch kein größeres Problem dar, da sie mit 0,2% der Summe die hier betrachteten Ausgaben nur einen minimalen Teil derselben ausmachen.

Die über 10% liegende Position „Verkehrsdienstl. (mÜ)“ ist für die Ergebnisse zur Auswirkungen der Internalisierung auch unproblematisch, da der ÖPV aufgrund von Datenproblemen und relativ geringer Relevanz dabei nicht berücksichtigt wird (siehe Kapitel 9.8.1).<sup>147</sup> Die über 10% liegenden relativen Standardfehler in den Dezilen eins und zwei bei der Position „Feste Brennstoffe“ sind etwas problematischer. Da die festen Brennstoffe in diesen Dezilen aber nur für 1,4% beziehungsweise 1,3% der Summe der hier untersuchten Ausgaben verantwortlich sind und da die relativen Standardfehler mit 15,5% und 11,5% nicht extrem hoch sind, sollten die Auswirkungen auf die Gesamtergebnisse eher gering sein.

Bleibt der Bereich der Flüge. Auf der niedrigen Aggregationsebene zeigen sich in den drei Flug-Positionen (oÜ; mÜ; Pauschal) relative Standardfehler von maximal 25,7%, auf dieser Ebene sollten die Ergebnisse deswegen mit Vorsicht betrachtet werden. Für die Berechnungen des durch die Flugzeugnutzung ausgelösten Energieverbrauchs und der anschließenden Kalkulationen wird jedoch (neben den Auswertungen aus MiD2008) die aggregierte Position „Flugzeug“ verwendet, die sich aus der Summe der drei Flüge betreffenden Positionen ergibt. Zusammen mit den anderen Energiebereichen sind die relativen Standardfehler für den Bereich „Flugzeug“ in Tab. 137 aufgeführt. Wie zu sehen ist, liegen diese, wenn auch mit einem maximalen Wert von 9,6% im ersten Dezil nur knapp, alle Dezile unter 10%. In den anderen Bereichen liegen die relativen Standardfehler noch deutlich niedriger: Beim ÖPV beträgt er maximal 4,5%, bei der Wärme maximal 2,6%, beim MIV maximal 2,4% und beim Haushaltsstrom sogar nur maximal 1,1%.

---

<sup>147</sup> Allerdings müssen die hier berechneten relativen Standardfehler des ÖPV bei den Ergebnissen der Ausgaben natürlich berücksichtigt werden. Bei den Ergebnissen zu Verbräuchen, Emissionen und externen Kosten wird beim ÖPV hingegen nicht die EVS, sondern die MiD2008 eingesetzt. Da hier jedoch die Auswirkungen der Internalisierung im Mittelpunkt stehen und der ÖPV dort nicht einbezogen ist, wird auf eine Berechnung der relativen Fehler der aus der MiD2008 gewonnen ÖPV-Ergebnisse hier verzichtet.

Tab. 135: Relative Standardfehler der Ausgaben der EVS2013 (%; niedrige Aggregationsebene)

Dezile	Haushaltsstrom	Heizstrom	Gas	Heiz- öl	Feste Brennstoffe	Fernheizung	Sonstige Wär-me	Benzin	Diesel	Verkehrsdienstl. (oÜ)	Verkehrsdienstl. (mÜ)	Flüge (oÜ)	Flüge (mÜ)	Flüge (Pauschal)	Gesamt
1	1,0%	7,8%	2,7%	7,1%	15,5%	3,3%	25,4%	2,4%	2,4%	3,3%	16,1%	15,2%	23,9%	13,9%	1,0%
2	1,0%	7,7%	2,6%	7,0%	11,5%	3,5%	31,0%	1,7%	1,7%	3,5%	10,9%	20,1%	22,2%	10,2%	1,0%
3	1,0%	7,9%	2,6%	6,5%	9,7%	3,9%	24,7%	1,4%	1,4%	3,4%	14,6%	14,4%	23,7%	11,4%	1,0%
4	1,0%	8,5%	2,5%	7,2%	7,8%	4,3%	30,1%	1,3%	1,3%	3,7%	15,5%	13,0%	24,3%	6,8%	1,1%
5	1,0%	8,5%	2,7%	6,5%	7,3%	4,4%	64,8%	1,2%	1,2%	3,5%	14,4%	13,4%	21,0%	6,8%	1,0%
6	1,0%	8,4%	2,5%	6,1%	8,3%	5,0%	36,6%	1,2%	1,2%	4,0%	16,4%	13,5%	16,5%	6,5%	1,1%
7	1,1%	9,1%	2,4%	6,8%	7,8%	5,2%	22,9%	1,1%	1,1%	3,5%	10,9%	11,4%	16,5%	5,8%	1,0%
8	1,0%	8,4%	2,5%	6,7%	8,1%	5,1%	24,8%	1,1%	1,1%	3,8%	10,9%	10,3%	22,9%	5,1%	1,1%
9	1,0%	9,3%	2,3%	7,2%	7,7%	5,3%	27,8%	1,1%	1,1%	3,1%	11,0%	9,8%	25,7%	5,1%	1,1%
10	1,1%	10,0%	2,3%	7,2%	8,4%	6,4%	31,2%	1,2%	1,2%	3,9%	8,3%	7,6%	18,9%	5,6%	1,3%
Ø	0,3%	2,7%	0,8%	2,3%	2,8%	1,4%	9,7%	0,4%	0,5%	1,2%	4,0%	3,8%	9,0%	2,3%	0,4%

orange: 10-20%; rot: &gt;20%

oÜ: ohne Übernachtung, mÜ: mit Übernachtung

Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

Tab. 136: Fallzahlen mit jeweiligen Ausgaben größer 0 der EVS2013 (niedrige Aggregationsebene)

Dezile	Haushaltsstrom	Heizstrom	Gas	Heizöl	Feste Brennstoffe	Fernheizung	Sonstige Wär-me	Benzin	Diesel	Verkehrsdienstl. (oÜ)	Verkehrsdienstl. (mÜ)	Flüge (oÜ)	Flüge (mÜ)	Flüge (Pauschal)	Gesamt
1	3.615	214	1.374	381	131	1.115	16	1.587	1.587	1.619	134	82	35	137	3.786
2	3.458	189	1.389	400	174	1.054	13	2.393	2.393	1.606	154	72	31	203	3.618
3	3.604	203	1.543	421	252	939	14	2.947	2.947	1.743	183	85	41	308	3.741
4	3.805	190	1.669	466	319	875	10	3.316	3.316	1.801	202	134	43	411	3.935
5	4.029	187	1.840	468	362	852	7	3.640	3.640	1.973	225	156	53	502	4.153
6	4.102	221	1.868	556	428	735	13	3.809	3.809	2.055	272	168	75	580	4.246
7	4.338	213	2.052	508	441	780	13	4.123	4.123	2.272	311	213	83	639	4.477
8	4.615	204	2.204	535	494	725	17	4.402	4.402	2.520	421	281	135	827	4.759
9	4.890	225	2.530	513	537	702	18	4.745	4.745	2.879	471	334	136	916	5.046
10	4.756	176	2.559	464	511	587	15	4.585	4.585	3.020	532	432	208	1.042	4.904
Ø	41.212	2.022	19.028	4.712	3.649	8.364	136	35.547	35.547	21.488	2.905	1.957	840	5.565	42.665

orange: 25-100; rot: &lt;25

oÜ: ohne Übernachtung, mÜ: mit Übernachtung

Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

**Tab. 137: Relative Standardfehler der Ausgaben der EVS2013 (%; hohe Aggregationsebene)**

Dezile	Haushalts- strom	Wärme	MIV	Flugzeug	ÖPV	Gesamt
1	1,0	1,8	2,4	9,6	3,4	1,0
2	1,0	2,0	1,7	9,0	3,4	1,0
3	1,0	2,0	1,4	8,9	3,4	1,0
4	1,0	2,4	1,3	6,1	4,0	1,1
5	1,0	2,2	1,2	6,0	3,9	1,0
6	1,0	2,3	1,2	5,9	4,5	1,1
7	1,1	2,4	1,1	5,2	3,5	1,0
8	1,0	2,6	1,1	5,9	3,8	1,1
9	1,0	2,5	1,1	5,2	3,3	1,1
10	1,1	2,6	1,2	5,4	3,7	1,3
Ø	0,3	0,8	0,4	2,2	1,2	0,4

*Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung*

Zur Berechnung der Werte beim Flugzeug werden die EVS-Ausgabendaten mit Werten der MiD2008 zu den zurückgelegten Flugkilometern kombiniert (siehe Kapitel 9.5.4). In Tab. 138 sind deswegen sowohl die aus dem Wege-Datensatz als auch die aus dem Reise-Datensatz berechneten Mittelwerte der Flugkilometer, deren Standardfehler und relativer Standardfehler aufgeführt. Aufgrund der ungenauen Einkommenserfassung bei der MiD2008 konnten die Auswertungen nur aufgeteilt in Nettoäquivalenzeinkommensquintile vorgenommen werden. Bei den Auswertungen des Wege-Datensatzes zeigen sich dabei vor allem in den unteren Quintilen extrem hohe relative Standardfehler. Diese ergeben sich dadurch, dass die Fallzahlen (angegebene Flugkilometer größer 0) im Wege-Datensatz sehr gering sind. So beruht der Mittelwert des ersten Quintils gerade einmal auf einem Fall und folgerichtig liegt der relative Standardfehler mit 154% extrem hoch. Allerdings ist der Mittelwert mit 15 Pkm/P/a auch sehr gering.

Deutlich höhere Fallzahlen und damit korrespondierend auch deutlich niedrigere relative Standardfehler zeigen sich bei den Auswertungen des Reise-Datensatzes. So liegt der relative Standardfehler der Mittelwerte der Flugkilometer über alle Quintile hinweg betrachtet unter 10% und somit im akzeptablen Bereich.

Für die aggregierten Flugkilometer konnten aufgrund der unterschiedlichen Datensätze keine relativen Standardfehler berechnet werden. Allerdings zeigt sich beim Vergleich der Mittelwerte der Wege- und der Reiseflüge eine starke Dominanz der Reisen: An den aggregierten Flugkilometern haben die Reisen einen durchschnittlichen Anteil von 96%, wobei der Anteil im ersten, aus Sicht des relativen Standardfehlers besonders problematischen Quintils sogar bei 99% liegt. Insofern haben die hohen relativen Standardfehler des Wege-Datensatzes nur geringen Einfluss auf die Ergebnisse dieser Arbeit.

Tab. 138: Relative Standardfehler der Flugkilometer aus MiD2008

Quintile	Flugzeug (Wege)				Flugzeug (Reisen)			
	Mittelwert	Standardfehler	relativer Standardfehler	Fallzahl (>0)	Mittelwert	Standardfehler	relativer Standardfehler	Fallzahl (>0)
1	15	22	154,3%	1	1.079	101	9,4%	212
2	75	32	42,5%	7	1.715	144	8,4%	330
3	46	31	67,6%	3	1.833	126	6,9%	511
4	44	32	72,4%	4	2.716	188	6,9%	626
5	400	109	27,3%	13	6.457	342	5,3%	1.006
Ø	116	25	21,3%	28	2.822	94	3,3%	2.685

orange: 10-20%; rot: >20%

Quelle: BMVBS 2010; eigene Berechnung

#### 14.1.2.3 Konfidenzintervalle

Welchen Einfluss haben die relativen Standardfehler nun konkret auf die Genauigkeit der eigenen Berechnungen zu den Auswirkungen der Internalisierung? Um dies festzustellen wurden die 95%-Konfidenzintervalle der Nettowirkungen des Ökobonus berechnet.<sup>148</sup> Bevor darauf eingegangen wird, muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die im Folgenden präsentierten Ergebnisse nur die (Un)Genauigkeit widerspiegelt, die sich aus der Verwendung der Daten der EVS ergibt. Die Ungenauigkeiten, die sich aus den anschließenden Berechnungsschritten ergeben (zum Beispiel der Umrechnung in Emissionen) werden dadurch nicht abgedeckt.<sup>149</sup>

In Tab. 139 sind die 95%-Konfidenzintervalle der Nettowirkungen auf der niedrigen Aggregationsebene der Energieträger und Verkehrsmittel dargestellt. Betrachtet man die gesamte Nettowirkung des Ökobonus, so liegt das 95%-Konfidenzintervall des Mittelwerts im ersten Dezil bei 285 bis 301 €/P/a. Die Spannweite des Konfidenzintervalls beträgt damit 16 €/P/a. Im zehnten Dezil liegt das 95%-Konfidenzintervall des Mittelwerts bei 1.046 bis 1.126 €/P/a, die Spannweite damit bei 80 €/P/a. Damit weist das zehnte Dezil die höchste Spannweite auf. Betrachtet man die gesamte Spannweite der Nettowirkung des Ökobonus zwischen dem ersten und zehnten Dezil, so liegt diese minimal bei 676 €/P/a und maximal bei 841 €/P/a. Dies entspricht bezogen auf den Mittelwert von 707 €/P/a einer relativen Spannweite von 23%.

Aber auch die Spannweiten der Konfidenzintervalle führen nicht zu einer Auflösung der progressiven Nettowirkung des Ökobonus. Auch bei Verwendung der jeweils unteren Grenzen des Konfidenzintervalls im Vergleich zum darauffolgenden Konfidenzintervall, bleibt der über die Dezile abnehmende

<sup>148</sup> Eine Berechnung von relativen Standardfehlern ist hier nicht sinnvoll, da sowohl positive als auch negative Werte vorkommen. Eigentlich ist – wie schon beim relativen Standardfehler – die Berechnung von Konfidenzintervallen bei einer Quotenstichprobe wie der EVS nicht zulässig. Da das Statistische Bundesamt die Berechnung von relativen Standardfehlern jedoch aus der in Kapitel 14.1.2.2 aufgeführten Begründung als zulässig ansieht, wird dies in der vorliegenden Arbeit auch für die Konfidenzintervalle angenommen.

<sup>149</sup> Auf diese wird in Kapitel 14.1.3 näher eingegangen.

Verlauf der Nettowirkung bestehen. Oder anders ausgedrückt: Die dezilspezifischen 95%-Konfidenzintervalle der aggregierten Nettowirkungen des Ökobonus überschneiden sich nicht, der untere Wert des 95%-Konfidenzintervalls liegt also immer oberhalb des oberen 95%-Konfidenzintervallwertes des darauffolgenden Dezils. Mit einer kleinen Ausnahme: Im sechsten und siebten Dezil überschneiden sich die Intervalle um einen Euro. So liegt die untere Grenze des sechsten Dezils bei -27 €/P/a und die obere Grenze des siebten Dezils bei -26 €/P/a.

**Tab. 139: Ausgabenbedingte Konfidenzintervalle der Nettowirkungen des Ökobonus  
(niedrige Aggregationsebene, €/P/a)**

Dezil	Position	Haus- halts- strom	Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sonstige Wärme	MIV Benzin	MIV Diesel	Flug- zeug	Gesamt
1	KI95% unten	10	0	11	26	3	-16	0	80	100	92	318
	Mittelwert	11	1	13	29	6	-14	0	82	102	95	326
	KI95% oben	13	2	15	32	8	-11	0	85	104	98	334
2	KI95% unten	9	0	9	14	2	-13	0	41	76	89	240
	Mittelwert	11	1	11	19	4	-11	0	44	78	92	249
	KI95% oben	12	2	13	24	7	-8	0	47	80	96	258
3	KI95% unten	4	-2	5	6	0	-6	0	5	66	39	134
	Mittelwert	6	-1	7	11	2	-4	0	9	68	50	148
	KI95% oben	8	1	9	16	4	-2	0	13	70	61	162
4	KI95% unten	3	-1	1	-3	-1	-1	0	-17	54	30	84
	Mittelwert	5	1	3	4	1	1	0	-13	56	38	97
	KI95% oben	6	2	6	11	3	3	0	-9	58	47	111
5	KI95% unten	-1	-2	-1	0	-1	-1	0	-12	5	20	25
	Mittelwert	1	-1	1	6	1	1	0	-8	8	29	39
	KI95% oben	2	1	4	12	3	3	0	-5	11	39	53
6	KI95% unten	0	-2	-2	-20	-3	2	0	-21	-3	4	-27
	Mittelwert	1	0	0	-13	-1	4	0	-17	0	15	-11
	KI95% oben	3	1	3	-5	1	6	0	-13	4	26	6
7	KI95% unten	-5	-3	-1	-10	-4	2	-1	-29	-23	-3	-57
	Mittelwert	-3	-1	1	-3	-2	4	-1	-25	-20	8	-42
	KI95% oben	-1	0	4	4	0	6	0	-21	-16	19	-26
8	KI95% unten	-6	-1	-6	-22	-7	5	0	-41	-35	-54	-144
	Mittelwert	-4	0	-3	-13	-4	7	0	-37	-31	-36	-122
	KI95% oben	-2	2	-1	-5	-1	8	0	-33	-27	-19	-101
9	KI95% unten	-8	-2	-13	-21	-6	5	0	-10	-118	-93	-242
	Mittelwert	-6	-1	-10	-12	-3	7	0	-7	-112	-74	-218
	KI95% oben	-5	1	-7	-3	-1	9	0	-3	-107	-55	-194
10	KI95% unten	-24	-1	-27	-38	-7	3	0	-33	-157	-252	-507
	Mittelwert	-22	1	-24	-27	-4	5	0	-29	-150	-218	-467
	KI95% oben	-19	2	-20	-16	-1	8	0	-25	-143	-183	-427
Ø	KI95% unten	-1	0	-1	-2	-1	-1	0	-1	-1	-5	-7
	Mittelwert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	KI95% oben	1	0	1	2	1	1	0	1	1	5	7

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung



#### **14.1.2.4 Zusammenfassung**

Insgesamt lässt sich als Fazit dieses Kapitels festhalten, dass der stichprobenbedingte Fehler der EVS zwar Auswirkungen auf die Stärke der Progressivität der Nettowirkung des Ökobonus hat, diese aber nicht grundsätzlich in Frage stellt (siehe Kapitel 14.1.2.2 und 14.1.2.3). Der nicht-stichprobenbedingte Fehler kann nicht genau bestimmt werden. Das Statistische Bundesamt versucht jedoch, diesen durch umfangreiche Plausibilitätsprüfungen und eine Budgetierung (Gegenüberstellung der Einnahmen und Ausgaben) möglichst klein zu halten (Statistisches Bundesamt 2016b: 9). Durch die bei der EVS eingesetzte obere Abschneidegrenze der monatlichen Haushaltsnettoeinkommen von 18.000 Euro besteht dabei wahrscheinlich eine Unterschätzung der Verbräuche im zehnten Dezil. Eine Einbeziehung dieser Haushalte würde also demnach zu einer Verstärkung der Progressivität der Nettowirkung des Ökobonus führen, wobei die bestehende Unterschätzung aber voraussichtlich nur von geringem Umfang ist (siehe Kapitel 14.1.2.1).

### **14.1.3 Auswirkungen der weiteren Berechnungsschritte**

#### **14.1.3.1 Überblick**

Auf Basis der Ausgabendaten der EVS werden in dieser Arbeit mehrere weitere Berechnungsschritte durchgeführt. Während die Genauigkeit der EVS und deren Auswirkungen auf die Genauigkeit der Nettowirkungen des Ökobonus noch einigermaßen gut mittels statistischer Methoden (Standardfehler, Konfidenzintervalle, siehe Kapitel 14.1.2) eingeschätzt und dargestellt werden kann, ist dies für die Auswirkungen der darauffolgenden Schritte aufgrund fehlender Daten zur Genauigkeit der jeweiligen Annahmen (zum Beispiel der Emissionsfaktoren und Kostensätze) in dieser Form nicht mehr möglich. Für zwei der wichtigsten Annahmen – nämlich des verwendeten Kostensatzes für Treibhausgase und bezüglich der Preiselastizitäten – wurden deswegen bereits Szenarionrechnungen mit alternativen Werten durchgeführt (siehe Kapitel 12).

In diesem Kapitel werden nun außerdem die wichtigsten anderen Annahmen beziehungsweise Setzungen der jeweiligen Berechnungsschritte diskutiert und eine Einschätzung bezüglich deren Auswirkungen auf die Aussagekraft der Ergebnisse gegeben.<sup>150</sup> Dabei folgt die Reihenfolge der Besprechung der Abfolge der Berechnungsschritte.

#### **14.1.3.2 Einteilung nach der ökonomischen Leistungsfähigkeit**

Die erste Annahme betrifft die Einordnung der Personen bezüglich ihrer ökonomischen Leistungsfähigkeit. Dazu wird in der vorliegenden Arbeit das mittels der modifizierten OECD-Skala berechnete bedarfsgewichtete Nettoäquivalenzeinkommen eingesetzt, das im Gegensatz zum Pro-Kopf-Einkom-

<sup>150</sup> Alle getroffenen Annahmen können in den jeweiligen Kapiteln nachvollzogen werden.

men Skaleneffekte und das Alter berücksichtigt (siehe Kapitel 6.4). Deswegen, und weil es die international gängige Methode in der internationalen Armuts- und Reichtumsforschung darstellt, wurde das Nettoäquivalenzeinkommen für die eigenen Analysen als Variable zur Klassierung bezüglich der ökonomischen Leistungsfähigkeit ausgewählt. Allerdings lässt sich natürlich auch Kritik an diesem Konzept üben. Auf zwei wichtige Punkte soll an dieser Stelle eingegangen werden.

Der erste Punkt betrifft den Umgang mit Vermögen. Aus dem Vermögen generiertes Einkommen ist natürlich Teil des Haushaltseinkommens und damit auch des Nettoäquivalenzeinkommens. Zudem wird selbstgenutztes Wohneigentum in der EVS – wie international üblich – ebenfalls mittels des sogenannten Eigentümermietwerts, der auf vergleichbaren Mietwohnungen beruht, hinzugeschätzt (Statistisches Bundesamt 2016b: 5). Insofern kann also nicht davon gesprochen werden, dass das Vermögen im Nettoäquivalenzeinkommen überhaupt nicht berücksichtigt ist. Bei der Frage nach der ökonomischen Leistungsfähigkeit und ob man einen Haushalt als arm oder reich bezeichnet, spielen die Vermögensbestände jenseits des selbstgenutzten Immobilienvermögens aber natürlich durchaus eine Rolle. Deswegen wurde vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) die Entwicklung eines Konzepts für eine integrierte Analyse der Einkommens- und Vermögensverteilung in Auftrag gegeben. Grabka et al. (2008) entwickeln darin unter anderem einen Ansatz (Ansatz 3), bei dem die Vermögensbestände in Renteneinkommen umgerechnet werden und damit dem „normalen“ Einkommen in gleicher Dimension zugerechnet werden können. Dadurch ergibt sich das sogenannte „integrierte Einkommen“. Die Auswertungen der EVS2003 zeigen, dass das integrierte Einkommen eine größere Ungleichheit aufweist als das „normale“ Einkommen. So liegt beispielsweise der Gini-Koeffizient des integrierten Nettoäquivalenzeinkommens bei 0,30, der des normalen Nettoäquivalenzeinkommens nur bei 0,26. Die Armutsquote liegt beim integrierten Einkommen bei 13,3%, beim normalen Einkommen nur bei 11,7% (Grabka et al. 2008: 318).

Für die Frage, ob das integrierte Einkommen einen Mehrwert bei der Einordnung der Haushalte nach ihrer ökonomischen Leistungsfähigkeit bietet, ist entscheidend, ob sich durch die Einbeziehung der in Renteneinkommen umgerechneten Vermögen die Reihenfolge der Haushalte im Gegensatz zum normalen Einkommen verändert. Aufschluss darüber kann der Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen Einkommen und Vermögen geben. Laut der Auswertungen von Grabka et al. (2008: 218) liegt dieser in Gesamtdeutschland bei 0,364. Es herrscht also durchaus eine klare Korrelation, jedoch keineswegs ein stringenter Zusammenhang zwischen Einkommen und Vermögen vor.<sup>151</sup> Die stärksten Zusammenhänge zeigen sich dabei in der untersten und in der obersten Einkommensklasse (Grabka et al. 2008:

---

<sup>151</sup> Neben dem Einkommen hat sich dabei insbesondere das Alter als wichtiger Faktor bezüglich der Höhe des Vermögens herausgestellt. Dabei gilt im Durchschnitt der Zusammenhang: Je höher das Alter, desto höher das Vermögen (Grabka et al. 2008: 223-232).

219), für diese Bereiche würde die Verwendung des integrierten Einkommens statt des normalen Einkommens also zu den geringsten Veränderungen führen.

Gegen die Verwendung des integrierten Einkommens wurde sich in der vorliegenden Arbeit vor allem deswegen entschieden, weil die Berechnung auf Annahmen beruht, die selbst wiederum hinterfragt werden können. Besonders hervorzuheben ist hierbei die Wahl des Referenzzinssatzes, der zur Berechnung der Renten aus den Vermögenswerten eingesetzt wird. Grabka et al. (2008: 314) nehmen einen nominalen Zinssatz von 5% an, allerdings sind natürlich auch andere Zinssätze denkbar. Aufgrund der fehlenden internationalen Standards zu solchen Annahmen und da das Konzept des integrierten Einkommens bislang kaum in weiteren Studien eingesetzt wurde, wurde sich für die vorliegende Arbeit dafür entschieden, wie international üblich, allein das Einkommen zur Berechnung des Nettoäquivalenzeinkommens zu verwenden und das Vermögen (abgesehen vom selbstgenutzten Immobilienvermögen und dem Vermögeneinkommen) nicht einzubeziehen.

Der zweite Punkt betrifft die Frage der Äquivalenzskalen: In der vorliegenden Arbeit wird die sogenannte modifizierte OECD-Äquivalenzskala verwendet, die dem Haushaltsvorstand ein Gewicht von 1,0 zuordnet, jeder weiteren Person ab 14 Jahren ein Gewicht von 0,5 – hier zeigt sich die Berücksichtigung der Skaleneffekte – und jeder weiteren Person unter 14 Jahren ein Gewicht von 0,3 – hier zeigt sich die Berücksichtigung des Alters.<sup>152</sup> Natürlich sind auch andere Äquivalenzskalen denkbar. In OECD-Ländern werden dabei neben der modifizierten OCED-Skala beispielsweise noch die „alte OECD-Skala“ und die „Quadratwurzelskala“ genutzt (OECD 2013: 174). Bei der alten OECD-Skala werden dem Haushaltsvorstand ein Gewicht von 1,0, jeder weiteren Person ab 14 Jahren ein Gewicht von 0,7 und jeder weiteren Person unter 14 Jahren ein Gewicht von 0,5 zugeordnet. Die Gewichte jenseits des Haushaltsvorstands sind bei der alten OECD-Skala also höher als bei der modifizierten OECD-Skala. Bei der Quadratwurzelskala ergibt sich der Äquivalenzfaktor aus der Wurzel der Anzahl der Haushaltsmitglieder. Vergleichen lassen sich die Äquivalenzskalen am besten über die Äquivalenzelastizitäten. Diese geben wieder, wie stark die Bedürfnisse durch die Haushaltsgröße beeinflusst werden, geben also die Stärke der Skaleneffekte des Konsums wieder. Eine Äquivalenzelastizität von 0 entspricht dabei der Annahme, dass die ökonomischen Bedürfnisse überhaupt nicht von der Haushaltsgröße beeinflusst werden. Ein 4-Personen-Haushalt hätte demnach dieselben Bedürfnisse wie ein 1-Personen-Haushalt. Das Nettoäquivalenzeinkommen wäre also gleich dem Haushaltsnettoeinkommen. Eine Äquivalenzelastizität von 1 entspräche hingegen der Annahme, dass überhaupt keine Skaleneffekte vorliegen, das Nettoäquivalenzeinkommen entspräche also dem Pro-Kopf-Einkommen. Die Äquivalenzelastizitäten der genannten drei Skalen liegen zwischen diesen beiden Extremen (siehe Tab. 140). Mit einer Äquivalenzelastizität von 0,53 liegt die in diesem Ansatz verwendete modifizierte OECD-Skala etwa im

<sup>152</sup> Manchmal auch „neue“ OECD-Äquivalenzskala genannt.

Bereich der Quadratwurzelskala (0,50), jedoch recht deutlich unter dem Wert der alten OECD-Skala von 0,73. Bei der modifizierten OECD-Skala werden also deutlich höhere Skaleneffekte unterstellt als bei der alten OECD-Skala. Dies führt beispielsweise dazu, dass bei Nutzung der neueren OECD-Skala die Armutsquoten kinderreicher Haushalte deutlich niedriger ausfallen als bei Nutzung der alten OECD-Skala (Becker und Hauser 2003: 183f).

**Tab. 140: Elastizitäten verschiedener Äquivalenzskalen**

Haushaltsgröße	Äquivalenzskala				
	Pro-Kopf Einkommen	Alte OECD-Skala	Modifizierte OECD-Skala	Quadratwurzelskala	Haushalts-Einkommen
<b>1 Erwachsener</b>	1	1	1	1	1
<b>2 Erwachsene</b>	2	1,7	1,5	1,4	1
<b>2 Erwachsene, 1 Kind</b>	3	2,2	1,8	1,7	1
<b>2 Erwachsene, 2 Kinder</b>	4	2,7	2,1	2	1
<b>2 Erwachsene, 3 Kinder</b>	5	3,2	2,4	2,2	1
<b>Äquivalenzelastizität</b>	1	0,73	0,53	0,5	0

*Quellen: OECD 2013: 174f; eigene Darstellung*

Eine Berechnung mittels der alten OECD-Skala hätte im Vergleich zur Berechnung mit der modifizierten OECD-Skala zu niedrigeren Nettoäquivalenzeinkommen von Haushalten mit mehreren Haushaltsmitgliedern und insbesondere von kinderreichen Haushalten geführt. Große und kinderreiche Haushalte wären also bei Verwendung der alten OECD-Skala vergleichsweise in größerem Umfang als bei der modifizierten OECD-Skala in den unteren Dezilen repräsentiert. Demgegenüber hätte die Verwendung der Quadratwurzelskala zu vergleichsweise etwas höheren Nettoäquivalenzeinkommen für Haushalte mit mehreren Haushaltsmitgliedern geführt.

Die OECD (2012: 13) gibt momentan keine allgemeine Empfehlung bezüglich der zu verwendenden Äquivalenzskala. Für den Einsatz der modifizierten OECD-Skala wurde sich in der vorliegenden Arbeit deswegen entschieden, da diese in Europa derzeit den anerkannten Standard dargestellt. So wird sie beispielsweise in Deutschland vom Statistischen Bundesamt (vgl. Statistisches Bundesamt 2012a) und vom DIW Berlin (vgl. SOEP Group 2015) und auf europäischer Ebene von Eurostat (vgl. Eurostat 2014) eingesetzt.

#### **14.1.3.3 Einschränkung des Untersuchungsbereichs**

Aufgrund fehlender beziehungsweise zu ungenauer Daten und um die vorliegende Arbeit nicht zu überfrachten, wurde die Untersuchung auf die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität eingeschränkt. Um die Tragweite dieser Einschränkung einschätzen zu können, werden im Folgenden zunächst die Ausgabenanteile dieser Bereiche an den gesamten Konsumausgaben dargestellt, und danach auf die durch sie abgedeckten CO<sub>2</sub>-Emissionen eingegangen.

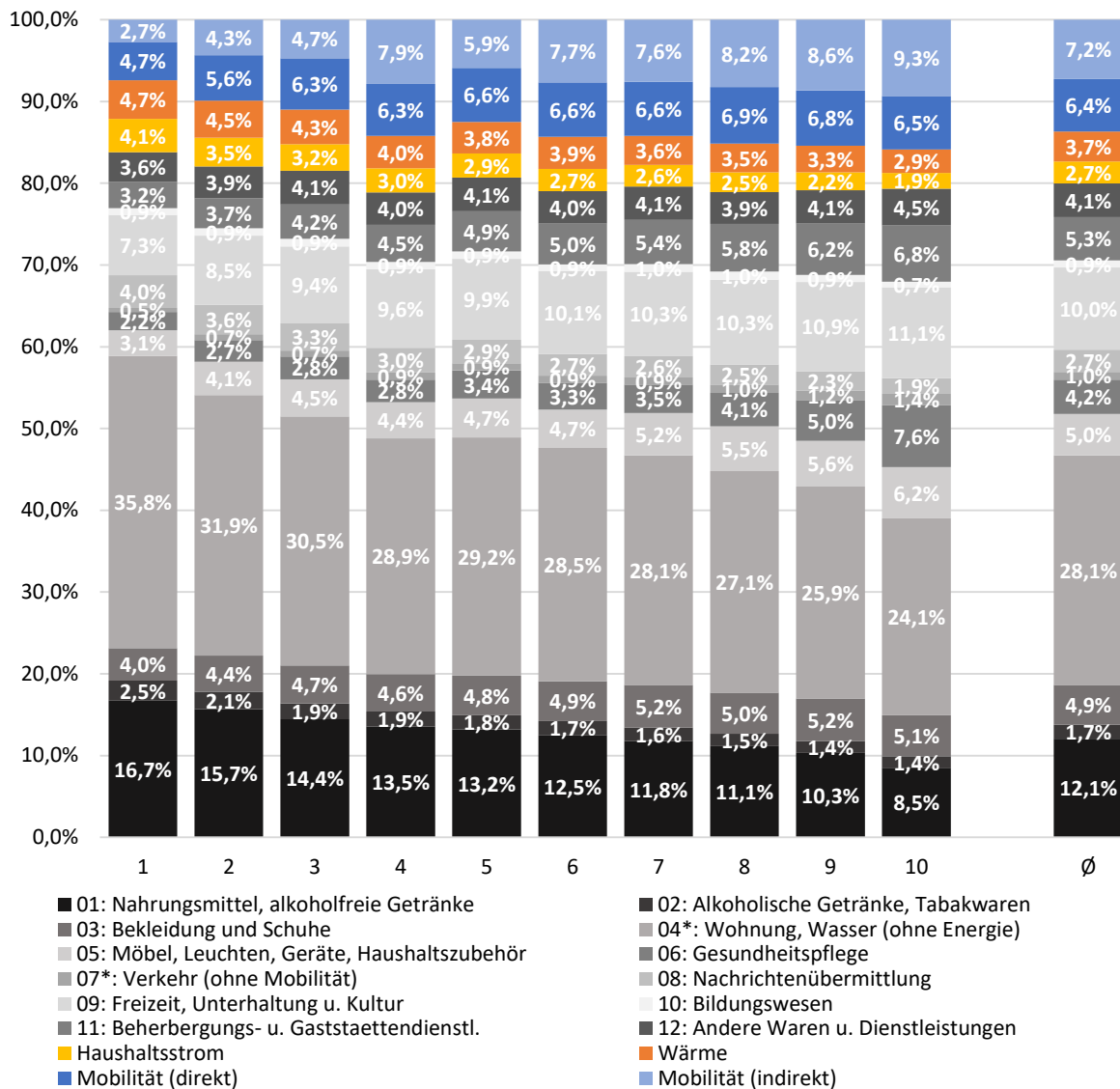
In Schaubild 140 sind die Ausgabenanteile an den privaten Konsumausgaben aus der EVS2013 aufgeteilt nach Konsumbereichen und differenziert nach Nettoäquivalenzdezilen dargestellt. Dabei entsprechen die dargestellten Konsumbereiche den zwölf Abteilungen der „Systematik der Einnahmen und Ausgaben der privaten Haushalte“ (SEA), wobei von diesen Abteilungen die drei in dieser Arbeit untersuchten Konsumbereiche „Haushaltsstrom“, „Wärme“ und „Mobilität“ abgezogen und in separaten Positionen ausgewiesen werden. Soweit in einer Abteilung ein Abzug stattfand, so wurde dieser ein „\*“ an die Nummerierung angefügt und die Benennung angepasst. Konkret betrifft dies die Abteilung „04\*: Wohnung, Wasser (ohne Energie)“, von der die Ausgaben der Bereiche „Haushaltsstrom“ und „Wärme“ abgezogen wurden und die Abteilungen „07\*: Verkehr (ohne Mobilität)“ und „09\*: Freizeit, Unterhaltung u. Kultur“, von denen die Ausgaben für „Mobilität“ abgezogen wurden. Die Ausgaben des Konsumbereichs „Mobilität“ setzen sich dabei zum einen aus den direkten Kraftstoffausgaben und den Ausgaben für fremde Verkehrsleistungen zusammen. Zum anderen enthalten sie – da die durch diese Ausgaben verursachten Emissionen auch Teil der LCA-Emissionsfaktoren sind (siehe Kapitel 9.6.1) – auch die beim Kauf, der Wartung und der Reparatur von Kraftfahrzeugen entstandenen Ausgaben. Zieht man all diese Ausgaben von der SEA-Abteilung „07: Verkehr“ ab, so bleiben in dieser allein die Ausgaben für Fahrräder (EF379, EF381), für sonstige Dienstleistungen (zum Beispiel Parkgebühren, mit Arbeitsstelle verbundene Garagen/Stellplatzmiete; EF385) und für Kutschen (EF380) übrig. In den Ausgaben des Konsumbereichs „Mobilität“ sind außerdem noch ein Drittel der Ausgaben für Auslandspauschalreisen (EF429) enthalten, weil geschätzt wird, dass dieser Anteil dem Verkehrsmittel zuzurechnen ist (siehe Kapitel 9.3.1.4). Dieses Drittel der Ausgaben für Auslandspauschalreisen wird von der SEA-Abteilung „09: Freizeit, Unterhaltung u. Kultur“ abgezogen. Um die Ausgaben für den Konsumbereich „Mobilität“ unterscheiden zu können, werden diese weiter in die Positionen „Mobilität (direkt)“ und „Mobilität (indirekt)“ aufgeteilt. Die Position „Mobilität (direkt)“ setzt sich zusammen aus den Kraftstoffausgaben und den Ausgaben für fremde Verkehrsdienstleistungen (inklusive des angenommenen Drittels der Auslandspauschalreisen); die Position „Mobilität (indirekt)“ enthält die Ausgaben für Kauf, Wartung und Reparatur von KFZ.<sup>153</sup>

Die in dieser Arbeit untersuchten Konsumbereiche waren im Jahr 2013 im Durchschnitt für 20% der privaten Konsumausgaben verantwortlich. Dabei macht die indirekte Mobilität mit 7,2% den größten Anteil aus, dicht gefolgt von der direkten Mobilität mit 6,4%, der Wärme mit 3,7% und schließlich dem Haushaltsstrom mit 2,7% (siehe Schaubild 140). Über die Dezile schwankt der aggregierte Anteil der

<sup>153</sup> Bei der „Wärme“ müssten eigentlich auch die Ausgaben für den Kauf, die Wartung und die Reparatur von Heizungsanlagen einbezogen werden. Sie lassen sich jedoch innerhalb der EVS nicht differenziert ausmachen, weswegen die Ausgabeposition „Wärme“ hier allein aus den Energieausgaben besteht. Allerdings beruhen die Energieausgaben in Mietwohnungen wiederum meist auf Umlagerechnungen, in denen die Kosten des Kaufs, der Wartung und der Reparatur zumindest zum Teil enthalten sein können. Bei selbst genutztem Wohneigentum ist dies jedoch nicht der Fall. Insgesamt werden die tatsächlich abgedeckten Ausgaben im Konsumfeld „Wärme“ also etwas unterschätzt.

drei Bereiche zwischen maximal 21,1% jeweils im vierten und achten Dezil und minimal 16,2% im ersten Dezil. Die Spannweite liegt also bei 4,9 Prozentpunkten, die relative Spannweite (Spannweite/Mittelwert) bei 24,4%. Die Anteile der einzelnen Konsumbereiche weichen deutlich stärker voneinander ab: Am größten ist die relative Spannweite bei der indirekten Mobilität mit 91,4%. Bei dieser steigt der Anteil an den privaten Konsumausgaben – wenn auch nicht stetig – vom Minimalwert von 2,7% im ersten Dezil auf den Maximalwert von 9,3% im zehnten Dezil (Spannweite: 6,6 Prozentpunkte). Es folgt der Haushaltsstrom mit einer relativen Spannweite von 79,5% (Spannweite: 2,1 Prozentpunkte). Beim Haushaltsstrom fällt der Anteil an den Konsumausgaben streng monoton von 4,1% im ersten auf 1,9% im zehnten Dezil. Bei der Wärme liegt die relative Spannweite bei 51,2% (Spannweite: 1,9 Prozentpunkte). Der Anteil an den Konsumausgaben fällt mit Ausnahme des sechsten Dezils streng monoton von 4,7% im ersten Dezil auf 2,9% im zehnten Dezil. Bei der direkten Mobilität steigen die Anteile an den Konsumausgaben zunächst vom Minimalwert von 4,7% im ersten bis zum Maximalwert von 6,9% im achten Dezil an, um dann wieder leicht abzufallen auf 6,5% im zehnten Dezil. Die relative Spannweite der direkten Mobilität beträgt 34,8% (Spannweite: 2,2 Prozentpunkte).

**Schaubild 140: Anteile der Konsumbereiche an den privaten Konsumausgaben der EVS2013  
(% der Konsumausgaben)**

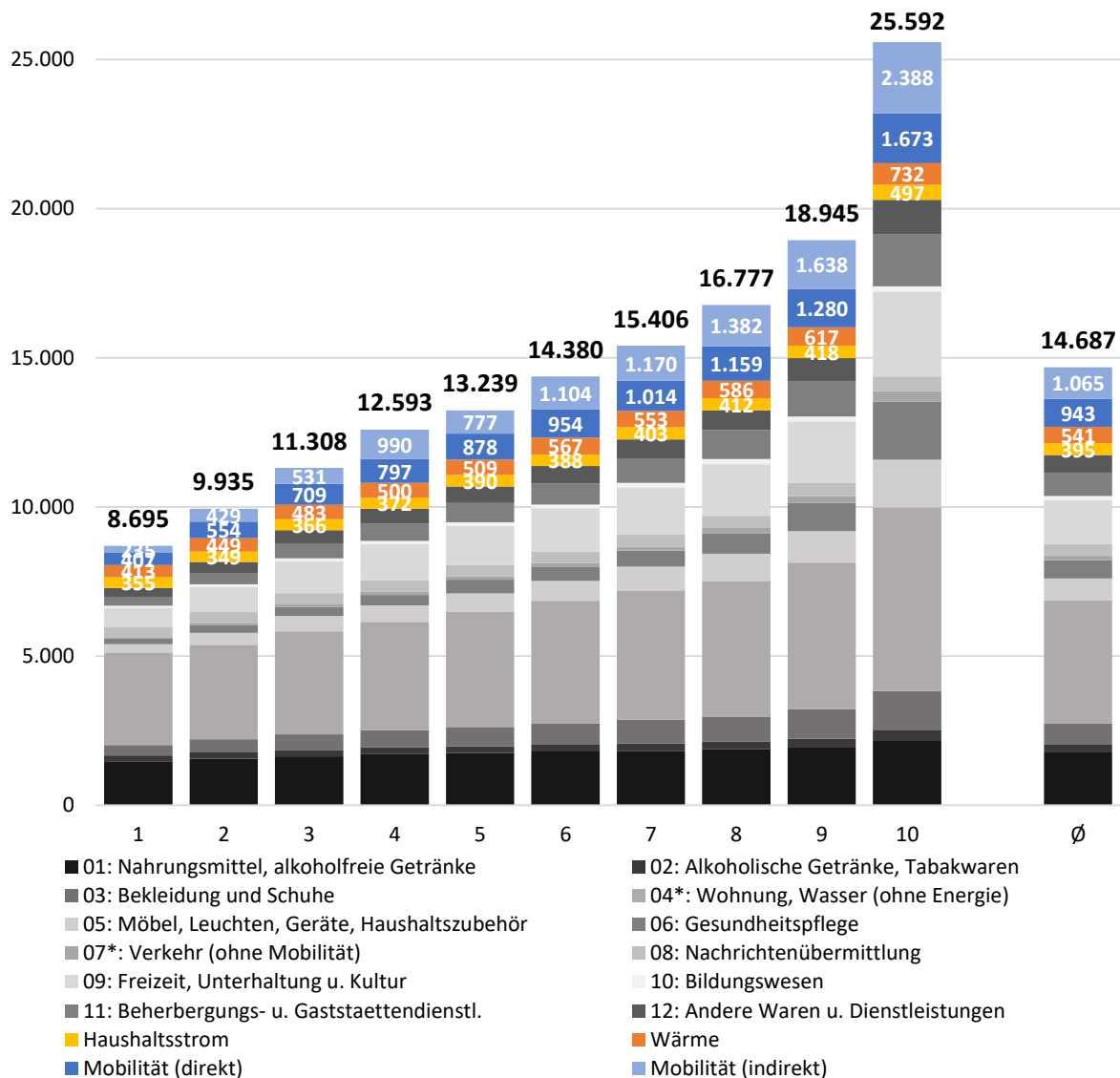


Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

In absoluten Beträgen betrachtet ändert sich das Bild etwas (siehe Schaubild 141): Hier steigen die Ausgaben in allen Bereichen streng monoton an, beim Haushaltsstrom von 355 €/P/a im ersten auf 457 €/P/a im zehnten Dezil, bei der Wärme von 413 €/P/a auf 732 €/P/a und bei der direkten Mobilität von 407 €/P/a auf 1.673 €/P/a. Die indirekte Mobilität bildet jedoch eine kleine Ausnahme, da hier im fünften Dezil der ansonsten ebenfalls streng monoton steigende Verlauf von 235 €/P/a im ersten Dezil auf 2.388 €/P/a im zehnten Dezil einmal unterbrochen ist. Insgesamt steigen die über die Bereiche aggregierten Konsumausgaben von 1.409 €/P/a im ersten Dezil mit der Ausnahme des fünften Dezils streng monoton bis auf 5.290 €/P/a im zehnten Dezil. Damit gibt das zehnte Dezil rund 3,8-mal so viel für die in dieser Arbeit betrachteten Bereiche aus wie das erste Dezil. Da sich jedoch auch die aggregierten privaten Konsumausgaben über die Dezile streng monoton erhöhen, von 8.695 €/P/a im ersten

auf 25.592 €/P/a im zehnten Dezil, und damit im zehnten Dezil das 2,9-fache des ersten Dezils betragen, fällt der Unterschied relativ zu den Konsumausgaben gesehen deutlich kleiner aus: Hier liegt der Anteil im ersten Dezil bei 16,2% und im zehnten Dezil bei 20,7% (siehe Schaubild 140).<sup>154</sup>

**Schaubild 141: Private Konsumausgaben der EVS2013 nach Konsumbereichen (€/P/a)**



Quelle: FDZ 2016; eigene Berechnung

Die Auswertungen der EVS2013 zeigen also, dass durch die in dieser Arbeit betrachteten Konsumbereiche etwa 20% der privaten Konsumausgaben abgedeckt sind. Das heißt im Umkehrschluss natürlich auch, dass 80% – und damit der größte Teil der privaten Konsumausgaben – nicht erfasst sind. Das scheint die Relevanz dieser Arbeit deutlich einzuschränken. Allerdings ist diesbezüglich nicht der Anteil der Bereiche an den Konsumausgaben entscheidend, sondern der Anteil an den externen Kosten. Da allerdings bezüglich der externen Kosten bislang keine entsprechenden Auswertungen für Deutschland

<sup>154</sup> Ausführlicher und in größerer Gliederungstiefe wird auf die Ausgaben in den jeweiligen Bereichskapiteln (Kapitel 7, 8 und 9) eingegangen.



vorliegen, wird ersatzweise der Anteil der berücksichtigten Konsumbereiche an den gesamten von den privaten Haushalten verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen betrachtet. Dafür werden die vom Statistischen Bundesamt im Rahmen der UGR berechneten und im Zuge des Vergleichskapitels bereits in Kapitel 13.3.3 vorgestellten Ergebnisse des – in dieser Arbeit so betitelten – „erweiterten UGR-Ansatzes“ eingesetzt.<sup>155</sup>

Die Klassifikation der UGR-Berechnungen weicht von der eigenen etwas ab, auf höherer Aggregations-ebene lassen sich die UGR-Klassen jedoch relativ problemlos der eigenen Klassifikation zuordnen. Wie in Tab. 141 zu sehen ist, waren laut den UGR-Berechnungen die Konsumbereiche Haushaltsstrom und Wärme im Jahr 2013 mit 3,21 t CO<sub>2</sub>/P/a zusammen für 39% der durch private Haushalte verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich, die direkte Mobilität für 21% (1,71 t CO<sub>2</sub>/P/a) und die indirekte Mobilität für 3% (0,29 t CO<sub>2</sub>/P/a). Insgesamt waren die in dieser Arbeit untersuchten Konsumbereiche im Jahr 2013 demnach also für 63% (5,21 t CO<sub>2</sub>/P/a) und damit für den größten Teil der durch den privaten Konsum verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich (Statistisches Bundesamt 2017a).<sup>156</sup>

**Tab. 141: CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte im Jahr 2013 laut Berechnungen der UGR**

UGR-Klassifikation	CO <sub>2</sub> -Emissionen 2013		Eigene Klassifikation	CO <sub>2</sub> -Emissionen 2013	
	t CO <sub>2</sub> /P/a	Anteil		t/P/a	Anteil
Energie (direkt)	1,55	19%	Haushaltsstrom / Wärme	3,21	39%
Energiegüter	1,66	20%			
Kraftstoffe (direkt)	1,25	15%	Mobilität (direkt)	1,71	21%
Verkehrsleistungen	0,46	6%			
Kraftfahrzeuge	0,29	3%	Mobilität (indirekt)	0,29	3%
Verkehr (sonstiges)	0,03	0%	nicht berücksichtigt	3,08	37%
Produkte	1,06	13%			
Ernährung	0,97	12%			
Dienstleistungen	1,02	12%	Insgesamt	8,28	100%
Insgesamt	8,28	100%			

*Quelle: Statistisches Bundesamt 2017a; eigene Berechnung*

Mit 63% liegt der Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionen der Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität etwa dreimal so hoch wie deren Ausgabenanteil (20%). Das bedeutet, dass die CO<sub>2</sub>-Intensität der betrachteten Bereiche ebenfalls etwa dreimal höher ist, als die der restlichen Konsumbereiche. Nun werden in dieser Arbeit nicht allein die externen Kosten der CO<sub>2</sub>-Emissionen betrachtet, sie stellen jedoch

<sup>155</sup> Mit den eigenen Ergebnissen werden die mittels der EE-IOA-Methode berechneten UGR-Ergebnisse in Kapitel 13.3.3 verglichen. Dort wird auf die verwendete Methodik auch etwas näher eingegangen. Ausführliche Informationen dazu bietet Mayer und Flachmann (2011).

<sup>156</sup> Die Ergebnisse sind Teil der UGR 2017, die zum Zeitpunkt der Endbearbeitung dieser Arbeit jedoch noch nicht erschienen war. Deswegen wurde als Quelle die Internetveröffentlichung der Daten auf der Seite des Statistischen Bundesamts angegeben.

– wie die externen Kostensätze zeigen (siehe Tab. 95) – einen gewichtigen Anteil derselben dar. Deswegen ist anzunehmen, dass durch die in dieser Arbeit betrachteten Konsumbereiche Haushaltsstrom, Wärme und Mobilität auch ein beträchtlicher Teil der letztlich für die Arbeit entscheidenden externen Kosten abgedeckt ist. Trotzdem muss festgehalten werden, dass durch die Einschränkung des Untersuchungsbereichs ein relevanter Teil der externen Kosten unberücksichtigt bleibt, insofern also weiterer Forschungsbedarf bezüglich der Einbeziehung der anderen Konsumbereiche besteht.

#### 14.1.3.4 Umrechnung von Ausgaben zu Verbräuchen

Zur Umrechnung der aus der EVS vorliegenden Ausgaben werden in der vorliegenden Arbeit Preis-Ausgaben-Funktionen eingesetzt. Diese liegen, wie in Kapitel 6.5.2 beschrieben, je nach Energieträger in unterschiedlicher Differenzierungstiefe vor. Dargestellt sind die verwendeten Preiseinflussfaktoren in Tab. 142. Grundsätzlich konnten aufgrund von Datenrestriktionen allein die Einflussfaktoren „Zeitpunkt“ und „Abnahmemenge/Ausgabenhöhe“ einbezogen werden, wobei die maximale Differenzierungstiefe bezüglich des Zeitpunkts ein Quartal darstellt, da dies dem Erfassungszeitraum der EVS entspricht. Beim Heizstrom und den festen Brennstoffen wurde außerdem wegen zu großer Unsicherheiten bei den Preisdaten auf eine Quartalsdifferenzierung verzichtet und ein einheitlicher Preis für das gesamte Jahr angenommen. Bezüglich der Abnahmemenge ließen allein die Preisdaten zu Haushaltsstrom und Gas eine Differenzierung zu, bei Haushaltsstrom zwischen fünf und bei Gas zwischen drei Verbrauchsgruppen.

**Tab. 142: Übersicht der eingesetzten Preiseinflussfaktoren**

Energieträger	Preiseinflussfaktoren	
	Zeitpunkt	Abnahmemenge
Haushaltsstrom	Quartal	5 Verbrauchsgruppen: DA : $Q < 1.000 \text{ kWh}$ DB : $1.000 \text{ kWh} < Q < 2.500 \text{ kWh}$ DC : $2.500 \text{ kWh} < Q < 5.000 \text{ kWh}$ DD : $5.000 \text{ kWh} < Q < 15.000 \text{ kWh}$ DE : $Q > 15.000 \text{ kWh}$
Heizstrom	Jahr	keine Differenzierung
Gas	Quartal	3 Verbrauchsgruppen: D1 : $Q < 5.556 \text{ kWh}$ D2 : $5.556 \text{ kWh} < Q < 55.556 \text{ kWh}$ D3 : $Q > 55.556 \text{ kWh}$
Heizöl	Quartal	keine Differenzierung
Feste Brennstoffe	Jahr	keine Differenzierung
Fernheizung	Quartal	keine Differenzierung
Sonstige Wärme	Annahme: wie Gas	
MIV Benzin	Quartal	keine Differenzierung
MIV Diesel	Quartal	keine Differenzierung
Flugzeug	keine Preisdaten	

Quelle: eigene Darstellung

Andere Preiseinflussfaktoren wie beispielsweise der Ort, die Qualität, die Verkaufsstelle und die Nutzung von Sonderangeboten werden in der vorliegenden Berechnung nicht berücksichtigt. Die sich daraus bezüglich der Aussagekraft der Ergebnisse ergebenden Einschränkungen wiegen je nach Energieträger unterschiedlich schwer, so sind die Preisschwankungen über das Jahr beispielsweise bei Benzin und Diesel deutlich größer als beim Haushaltsstrom. Für die im Zentrum dieser Arbeit stehenden Verteilungswirkungen einer Internalisierung der externen Kosten problematisch wäre es dabei vor allem, wenn sich durch die nichtberücksichtigten Faktoren die Preise signifikant zwischen den Einkommensklassen unterscheiden würden und dies in der Arbeit bislang nicht abgebildet wäre. Da zu einkommensspezifischen Energiepreisen keine konkreten Daten gefunden werden konnten, können diesbezüglich nur Mutmaßungen angestellt und deren Folgen auf die Ergebnisse benannt werden:

Dafür, dass von ärmeren Haushalten vergleichsweise niedrigere Preise für Energie gezahlt werden, spräche beispielsweise, dass sie einen deutlich höheren Anteil ihres Einkommens für Energie aufwenden müssen und damit natürlich auch Einsparungen in diesem Bereich relativ betrachtet größeres Gewicht besitzen als bei reicheren Haushalten. Sollte dies zutreffen würde dies bedeuten, dass die Verbräuche der ärmeren Haushalte bislang unter- und die der reicheren Haushalte überschätzt werden. Bezüglich der finanziellen Belastungen der Internalisierung würde dies zu vergleichsweise höheren Belastungen bei den ärmeren und zu vergleichsweise niedrigeren Belastungen bei den reicheren Haushalten und dementsprechend zu einer niedrigeren positiven Nettowirkungen des Ökobonus bei den ärmeren und ebenfalls niedrigeren Belastungen durch den Ökobonus bei den reicheren Haushalten führen. Die Verteilungswirkungen würden sich also zu Ungunsten der ärmeren Haushalte verschieben.

Dafür, dass möglicherweise ein fallender Zusammenhang zwischen Einkommen und gezahlten Energiepreisen vorliegt, spräche beispielsweise, dass reichere Haushalte über mehr finanzielle Mittel verfügen und damit auch flexibler bezüglich des Kaufzeitpunkts sind. Ein Beispiel erklärt was gemeint ist: Reichere Haushalte können zu Niedrigpreiszeiten größere Mengen an Heizöl kaufen, so dass sie dann zu Hochpreiszeiten keine neues Heizöl kaufen müssen. Dieses Argument betrifft von den betrachteten Energieträgern in größerem Umfang allerdings nur das Heizöl und die festen Brennstoffe, weil allein diese auf Vorrat gekauft werden. Bei Benzin und Diesel könnte dieser Effekt theoretisch auch auftreten, da aber meist nur eine Tankfüllung gekauft wird, jedoch nur in sehr geringem Umfang. Ein weiterer Punkt, der für mit dem Einkommen steigende Energiepreise spräche, wäre, dass reichere Haushalte mehr Energie verbrauchen und dementsprechend auch Mengenrabatte in größerem Umfang in Anspruch nehmen können. Für die Energieträger Haushaltsstrom und Gas wird dies mittels der nach Verbrauchsgruppen differenzierten Preis-Ausgaben-Funktionen bereits berücksichtigt, bei den restlichen Energieträgern war dies in Ermangelung aussagekräftiger Daten jedoch nicht möglich. Sollten die Ener-

giepreise tatsächlich aufgrund der nichtberücksichtigten Einflussfaktoren mit dem Einkommen abfallen, so würde dies im Vergleich zu den bisherigen Ergebnissen zu höheren Verbräuchen in den oberen und niedrigeren Verbräuchen in den unteren Dezilen führen. Dementsprechend würden die finanziellen Belastungen der Internalisierung in den oberen Dezilen steigen und in den unteren Dezilen fallen. Die Nettowirkung des Ökobonus würde für die unteren Dezile dementsprechend noch positiver und für die oberen Dezile noch negativer ausfallen; die Nettowirkung des Ökobonus wäre also noch progressiver als bislang berechnet.

Welcher Einfluss überwiegt – also ob ärmere Haushalte eher niedrigere Preise zahlen als reichere oder umgekehrt – und wie groß die Auswirkung gegebenenfalls auf die Ergebnisse wäre, kann in Ermangelung aussagekräftiger Daten hier nicht festgestellt werden. Es ist aber anzunehmen, dass sich die Effekte zumindest teilweise aufheben und der entstehende Fehler deswegen nicht allzu groß ist.

Um die Plausibilität der eigenen Verbrauchsberechnungen zu überprüfen wurden in Kapitel 13 Vergleiche mit anderen Studien durchgeführt. Sie ergaben, dass auf der aggregierten Ebene die Größenordnung der eigenen Ergebnisse plausibel ist, es aber durchaus Abweichungen gibt, die insbesondere auf der Ebene einzelner Energieträger auch relativ groß sein können. Ob das nun jedoch auf fehlerhafte Preis-Ausgaben-Funktionen oder aber auf andere Faktoren zurückzuführen ist, kann hier nicht festgestellt werden. Die bislang relativ geringe Anzahl von berücksichtigten Preiseinflussfaktoren lässt jedoch vermuten, dass zumindest ein Teil der Abweichungen darauf zurückzuführen sein könnte. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

#### ***14.1.3.5 Umrechnung von Verbräuchen in Emissionen***

Die Umrechnung von Verbräuchen in Emissionen wird mittels Emissionsfaktoren durchgeführt. Die in dieser Arbeit verwendeten Emissionsfaktoren stammen dabei aus der GEMIS-Datenbank (v4.94) und der Methodenkonvention 2.0 des Umweltbundesamts. Bei beiden handelt es sich um anerkannte Quellen, die auch in vielen weiteren Publikationen vor allem in Deutschland verwendet werden. GEMIS wird beispielsweise vom deutschen Umweltbundesamt für Emissionsberechnungen (siehe zum Beispiel UBA 2014) eingesetzt und laut Angaben des erstellenden Instituts IINAS auch von anderen Ministerien und Behörden auf Länderebene, einigen Landkreisen und Städten, diversen Universitäten und einigen Unternehmen (zum Beispiel eon, RWE, Deutsche Bahn) verwendet (Fritsche 2016: 7). Die Methodenkonvention 2.0 wird vom Umweltbundesamt selbst herausgegeben und stellt nach eigener Aussage sogenannte Best-Practice-Schätzungen dar, die unter anderem vom Umweltbundesamt selbst eingesetzt werden (vgl. UBA 2017).

Trotzdem sind die Emissionsfaktoren mit einigen Unsicherheiten behaftet. Aus Sicht der im Zentrum dieser Arbeit stehenden Frage der sozialen Verteilungswirkungen einer Internalisierung wäre es dabei

besonders problematisch, wenn die Emissionsfaktoren von Energieträgern, die überdurchschnittlich stark von ärmeren Haushalten genutzt werden, unterschätzt und die der besonders stark von reichen Haushalten genutzten Energieträger bislang überschätzt würden. Denn das würde relativ zu den bisherigen Ergebnissen zu höheren Emissionen durch und damit einer stärkeren Internalisierungsbelastung von ärmeren Haushalte führen. Und dies ist wiederum entscheidend für die Nettowirkung des Ökobonus. Eine Umkehr der Nettowirkung von progressiv auf regressiv wäre auf Ebene der einzelnen Energieträger allerdings nur möglich, wenn die Verbräuche beim jeweiligen Energieträger absolut betrachtet in den unteren Dezilen höher lägen als in den oberen Dezilen. Nur dann könnte die finanzielle Belastung der Internalisierung in den unteren Dezilen höher ausfallen als in den oberen und sich dementsprechend die Nettowirkung des Ökobonus umkehren. Ein solcher Zusammenhang ist bei den Energieträgern allerdings in nennenswertem Umfang allein bei der Fernheizung festzustellen, bei der das erste Dezil im Jahr 2013 etwa doppelt so viel Energie verbrauchte wie das zehnte Dezil (siehe Schaubild 47). Sollten also die Emissionen bei der Fernheizung deutlich höher liegen als bislang angenommen, würde dies (*ceteris paribus*) zu in den unteren Dezilen im Vergleich zu den oberen Dezilen überdurchschnittlich steigenden finanziellen Belastungen der Internalisierung und damit zu negativeren Nettowirkungen in den unteren und positiveren Nettowirkungen in den oberen Dezilen führen. Da die Fernheizung jedoch bei der derzeitigen Berechnungsweise nur für 3% der festgestellten Internalisierungslücke verantwortlich ist, wären die Auswirkungen auf die Nettowirkung des Ökobonus bei der Betrachtung aller Energieträger erst bei einer mehrfachen Vervielfachung der Emissionsfaktoren der Fernheizung wirklich relevant (siehe Schaubild 61 und Schaubild 110), was als relativ unwahrscheinlich eingestuft werden kann.

Da bei allen anderen Energieträgern und Verkehrsmitteln der Energieverbrauch mit dem Einkommen ansteigt (siehe Tab. 187), würde eine Änderung der Emissionsfaktoren allein dazu führen, dass die Stärke der Progressivität der Nettowirkung des Ökobonus sich ändert, eine Umkehr in eine regressive Wirkung wäre jedoch nicht möglich.

Diese Aussage gilt in dieser Allgemeinheit allerdings nur, wenn – wie bislang in der Arbeit angenommen – die Emissionsfaktoren der Energieträger unabhängig sind vom Einkommen. Für den Strombereich ist diese Annahme weitgehend unproblematisch, da hier aufgrund des in Deutschland vorherrschenden Systems unterstellt werden kann, dass jeder Stromverbraucher letztlich die Emissionen des durchschnittlichen deutschen Strom-Mix verursacht. Es gibt zwar Ökostrom-Tarife, durch die EEG-Umlage wird der allergrößte Teil des in Deutschland genutzten Ökostroms jedoch durch alle Verbraucher in gleichem Umfang bezahlt und muss dementsprechend auch allen zugerechnet werden. Anders sieht es hingegen bei den anderen Energieträgern aus. Hier hängen die Emissionen von der Art des zur Ener-

gieerzeugung verwendeten Geräts ab, also bei der Wärme von der Heizungsanlage und bei der Mobilität vom Fahrzeug. Während die CO<sub>2</sub>-Emissionen sich bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Energieträgern nicht vermeiden lassen und deswegen relativ unabhängig von dem zur Verbrennung eingesetzten Gerät sind, können bei den anderen Luftschadstoffen durchaus deutliche Unterschiede auftreten, wie beispielsweise die Entwicklungen bei den Motoren und Heizungsanlagen in den vergangenen Jahrzehnten gezeigt haben. Da hierzu keine genauen Daten vorlagen, werden einkommensspezifische Unterschiede bei den Heizungsanlagen und den Motoren in der vorliegenden Berechnung nicht berücksichtigt. Da in ärmeren Haushalten die finanziellen Möglichkeiten bezüglich der Modernisierung vorhandener Heizungsanlagen und Fahrzeuge geringer ausfallen als in wohlhabenderen Haushalten, könnte angenommen werden, dass die Geräte in den ärmeren Haushalten älter sind. Diese Annahme unterstützen beispielsweise Ergebnisse der MiD2008 zum Baujahr der Fahrzeuge. Bei Haushalten mit sehr niedrigem ökonomischen Status lag im Jahr 2008 der Anteil der Fahrzeuge, die älter sind als Baujahr 2001 bei 60%, bei Haushalten mit mittlerem ökonomischen Status bei 48% und bei Haushalten mit sehr hohem ökonomischen Status nur noch bei 34%. Der Anteil von Fahrzeugen die Baujahr 2007 und neuer waren lag im Jahr 2008 bei sehr niedrigen ökonomischen Status bei 5%, bei mittleren ökonomischen Status bei 8% und bei sehr hohen ökonomischen Status bei 17% (infas und DLR 2010c: 319). Da die älteren Heizungsanlagen (geregelt über die im Bundes-Immissionsschutzgesetz festgelegten Grenzwerte) und Fahrzeugmotoren (geregelt über die EU-Abgasnormen) geringeren Standards unterworfen waren, kann weiter angenommen werden, dass die älteren Geräte mehr Luftschadstoffemissionen ausstoßen. In der Folge ergäbe dies höhere Luftschadstoffemissionsfaktoren in den unteren Einkommensbereichen und damit steigende Emissionen und letztlich auch höhere Belastungen durch eine Internalisierung für die unteren Einkommen. Da hierzu jedoch keine ausreichenden Daten vorlagen, konnten keine dementsprechenden Annahmen in die eigenen Berechnungen inkludiert werden. Es besteht deswegen die Gefahr, dass die Internalisierungsbelastungen der externen Kosten der Luftschadstoffe (nicht der CO<sub>2</sub>-Emissionen) für ärmere Haushalte unterschätzt werden. Umso wichtiger ist es, wie in Kapitel 14.3.4 näher ausgeführt wird, dass ärmere Haushalte mit weiteren Maßnahmen dabei unterstützt werden, auf umweltfreundlichere Geräte umzusteigen.

Zur Plausibilisierung wurden in Kapitel 13.3.2, 13.3.3 und 13.4 die eigenen auf den EVS-Ausgaben basierenden CO<sub>2</sub>-Berechnungen mit denen der UGR (klassischer und erweiterter Ansatz) und einer Studie von ECOLOG verglichen. Der Vergleich zeigt, dass auf aggregierter Ebene die Größenordnungen insgesamt recht gut übereinstimmen. Wie schon bei den Energieverbräuchen weist die UGR jedoch von 2008 bis 2013 einen Anstieg aus, während die eigenen Berechnungen einen leichten Rückgang zeigen. Außerdem zeigen sich auf Ebene der einzelnen Energieträger teilweise sehr deutliche Abweichungen. Allerdings sind diese Abweichungen hauptsächlich auf Unterschiede bei den Energieverbräuchen zurückzuführen und weniger auf unterschiedliche Emissionsfaktoren (siehe Kapitel 13.3.2 und 13.4).

Festzuhalten bleibt bezüglich der Umrechnung von Verbräuchen zu Emissionen, dass in der vorliegenden Arbeit zwar Emissionsfaktoren aus anerkannten Quellen verwendet wurden, es jedoch auch bei diesen Quellen noch einige Unsicherheiten gibt und insbesondere eine größere Differenzierung nach spezifischen Energieerzeugungsanlagen und Fahrzeugen wünschenswert wäre. Allerdings befindet sich der „Flaschenhals“ hier nicht allein auf Seite der Emissionsfaktoren, sondern auch auf Seite der Haushaltsdaten zum Ausstattungsbestand. Hier ließen sich voraussichtlich durch die Einbeziehung und Verknüpfung von und mit weiteren Erhebungen (zum Beispiel dem Energieverbrauchspanel von RWI und forsa, siehe Kapitel 13.3.2.1) noch differenziertere und damit genauere Berechnungen erzielen. Das konnte im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht geleistet werden. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

#### **14.1.3.6 Umrechnung von Emissionen in externe Kosten**

Zur Umrechnung der Emissionen in die sie verursachten externen Kosten werden die sogenannten Best-Practice-Kostensätze aus der Methodenkonvention 2.0 des Umweltbundesamts verwendet (Schwermer et al. 2014). Der Einsatz der Kostensätze aus der Methodenkonvention 2.0 wird in der vorliegenden Arbeit damit begründet, dass diese vom Umweltbundesamt und damit von offizieller Stelle empfohlen werden. Allerdings beruhen die Berechnungen auf verschiedenen Annahmen, zum Beispiel zur Höhe der verwendeten Diskontrate, der Form des sogenannten Equity Weightings und bezüglich des Umgangs mit Unsicherheiten (Schwermer et al. 2014: 6f).

Ein weiterer strittiger Punkt ist die Frage nach der Bewertung eines Menschenlebens beziehungsweise genauer gesagt die Bewertung eines Lebensjahres. Beim EU-Projekts NEEDS (New Energy Externalities for Sustainability) (Preiss et al. 2008), auf dem die Kostensätze der Methodenkonvention 2.0 für die Luftschadstoffe hauptsächlich beruhen, wird ein Lebensjahr (VOLY= value of a life year) beziehungsweise der Verlust eines solchen Lebensjahres (YOLL=year of life lost) mit 40.000 € (Preise des Jahres 2000) bewertet (Desaigues et al. 2007: 22-24). Der Wert beruht auf Erhebungen in neun europäischen Ländern (Schweiz, Tschechien, Deutschland, Dänemark, Spanien, Frankreich, Ungarn, Polen, Großbritannien), bei denen mittels eines Fragebogens von 1.463 Personen deren Zahlungsbereitschaft bezüglich eines Zugewinns von drei beziehungsweise sechs Lebensmonaten erfragt wurde. Auf deren Basis wurde mittels verschiedener Verfahren der bereits erwähnte durchschnittliche Wert von 40.000 €/VOLY für die EU25 berechnet. Als Konfidenzintervalle schlagen die Autoren jedoch einen Bereich von 25.000 € bis 100.000 € vor (Desaigues et al. 2007: 2). Die große Spannweite von 75.000 €, also etwa dem doppelten des vorgeschlagenen Wertes, zeigt, dass es hier noch relativ große Unsicherheiten gibt. Das führt natürlich auch zu enormen Unsicherheiten bei den Kostensätzen, da diese zum allergrößten Teil aus Gesundheitsschäden bestehen (siehe Tab. 18).

Allerdings hätten abweichende Kostensätze auf Ebene der einzelnen Energieträger allein Auswirkungen auf die Höhe der finanziellen Belastung der Internalisierung, würden jedoch nichts an deren einkommensspezifischen Verteilung ändern. Folgerichtig wäre auch die insgesamt progressive Nettowirkung des Ökobonus davon unberührt, sie würde bei höheren Kostensätzen nur stärker und bei niedrigeren Kostensätzen schwächer ausfallen.<sup>157</sup> Dies bestätigen auch die in Kapitel 12.2. vorgestellten Szenariorechnungen mit unterschiedlichen Kostensätzen für THG. Insofern sind die Unsicherheiten bei den Kostensätzen also durchaus relevant, stellen das grundsätzliche Ergebnis dieser Arbeit bezüglich der sozialen Verträglichkeit der Internalisierung der externen Kosten jedoch nicht in Frage.

Die gleichen Überlegungen und Schlussfolgerungen gelten dabei ebenfalls bezüglich der Frage der Einbeziehung weiterer externer Kosten. In dieser Arbeit werden die externen Kosten von THG, ausgewählten Luftschadstoffen und zusätzlich im Verkehrsbereich des Lärms und der Unfälle berücksichtigt. Die Auswahl wurde aus Gründen der Datenverfügbarkeit getroffen, deren Kriterium es war, dass sowohl belastbare Emissionsfaktoren als auch belastbare Kostensätze vorhanden sein müssen. Mit den hier ausgewählten Bereichen sind wichtige Teile der verursachten externen Kosten abgedeckt, sicherlich jedoch nicht alle. So werden beispielsweise Luftschadstoffe wie Benzol und Blei, sowie der Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger nicht berücksichtigt. Welches Ausmaß die nichtberücksichtigten externen Kosten haben, kann nicht abgeschätzt werden. Allerdings würde eine Berücksichtigung dieser weiteren externen Kosten aufgrund des über das Einkommen steigenden Energieverbrauchs – *ceteris paribus* – allein zu einer Verstärkung der progressiven Verteilungswirkungen führen, und nicht zu dessen Umkehr.

In Kapitel 13.5 wurde ein Vergleich der eigenen Berechnungen der externen Kosten mit denen des UBA durchgeführt. Dort zeigt sich, dass die externen Kostenberechnungen des UBA von der Größenordnung her relativ gut mit den eigenen Berechnungen übereinstimmen. Die eigenen Berechnungen liegen je nach Bereich und Jahr zwischen 8% bis 36% unterhalb der vom UBA berechneten externen Kosten (siehe Tab. 134). Im Vergleich mit den Berechnungen des UBA können die eigenen Berechnungen der durchschnittlichen externen Kosten also als eher vorsichtig gerechnet angesehen werden.

Festzuhalten bleibt, dass zum einen zwar durchaus Unsicherheiten bezüglich der Höhe der externen Kostensätze bestehen (zum Beispiel bezüglich der Bewertung eines Menschenlebens) und zum anderen durch die vorliegende Arbeit sicherlich nicht alle tatsächlich auftretenden externen Kosten erfasst sind, dass abweichende Kostensätze aber letztlich allein Auswirkungen auf die Stärke der Progressivität

---

<sup>157</sup> Einschränkung sei erwähnt, dass bei der Fernheizung keine progressive, sondern eine regressive Verteilungswirkung des Ökobonus vorherrscht. Die Fernheizung stellt damit jedoch eine Ausnahme dar. Und da diese nur für 4% der finanziellen Internalisierungsbelastung (kurze Frist, siehe Kapitel 11.5.2) verantwortlich ist, ist deren Einfluss auf die Gesamtnettowirkung des Ökobonus begrenzt.



der Nettowirkung des Ökobonus hätten, jedoch nicht zu regressiven Verteilungswirkungen führen würde.

#### **14.1.3.7 Berechnung der Internalisierungslücke**

Zur Berechnung der Internalisierungslücke sind neben den externen Kosten außerdem die bestehenden Nettointernalisierungen notwendig. Dabei wird die Nettointernalisierung berechnet, indem man von der bestehenden Internalisierung die bestehenden Subventionen abzieht.

Als strittiger Punkt kann bei der Berechnung der bestehenden Nettointernalisierung die Frage der Nichtberücksichtigung der EEG-Umlage im Strombereich genannt werden. Wie in Kapitel 7.8.2.3 bereits ausgeführt, führt sie unbestreitbar zu einer deutlichen Erhöhung des Strompreises für die Endverbraucher. Allerdings deckt die EEG-Umlage allein die tatsächlichen Kosten der Energiebereitstellung durch erneuerbare Energien ab (inkl. möglicher Renditen der Anlagenbetreiber) und führt dadurch auch bereits zu niedrigeren externen Kosten der Stromerzeugung. Im Rahmen der dieser Arbeit zugrunde liegenden Logik wird die EEG-Umlage deswegen weder als Subvention noch als Internalisierungsmaßnahme, sondern als neutral eingestuft.

Ein weiterer strittiger Punkt könnte die Einstufung der Umsatzsteuer betreffen. Wie in Kapitel 6.5.6.3 dargestellt, wird hier allein eine Abweichung vom Regelsteuersatz der Umsatzsteuer berücksichtigt. Diese Einstufung beruht auf der Überlegung, dass jede Wertschöpfung der Umsatzsteuer in gleichem Umfang unterworfen ist, die Umsatzsteuer also insofern neutral ist. Erst Abweichungen vom Regelsteuersatz stellen dann in dieser Logik eine Subvention (niedriger als Regelsteuersatz) beziehungsweise eine Internalisierung (höher als Regelsteuersatz) dar. Dahinter steht ferner die Annahme, dass der Staat auf Einnahmen angewiesen ist und diese über die (bei einheitlichem Regelsteuersatz) faktor-neutrale Umsatzsteuer ohne Verzerrungen und damit aus wirtschaftstheoretischer Sicht effizient erzielt. Die hier verwendete Einstufung der Umsatzsteuer wird ebenfalls vom BMF eingesetzt, das ermäßigte Umsatzsteuersätze – zumindest teilweise – als Steuervergünstigungen und damit als Subventionen einstuft und ausweist (BMF 2015a: 83).<sup>158</sup>

Ferner stellt sich insgesamt die Frage nach der Definition und damit der Weite des Subventionsbegriffs. In dieser Arbeit wurde, wie in Kapitel 6.5.6.3 ausführlich dargestellt, eine relativ enge Definition des Subventionsbegriffs eingesetzt, die hauptsächlich auf der vom BMF verwendeten Subventionsdefinition beruht. Damit soll zum einen der mögliche Vorwurf entkräftet werden, dass die Subventionen und

<sup>158</sup> Teilweise werden Umsatzsteuerermäßigungen jedoch auch als „systemkonform“ eingestuft und deswegen nicht als Steuervergünstigung eingestuft. Dies ist beispielsweise bei dem ermäßigten Umsatzsteuersatz auf Lebensmittel der Fall (BMF 2015a: 69).

damit auch die Internalisierungslücke überschätzt wird, zum anderen passen manche Subventionstatbestände einer erweiterten Definition auch tatsächlich nicht in die Logik der vorliegenden Arbeit.<sup>159</sup>

Schließlich stellt auch noch die in dieser Arbeit vorgenommene Beschränkung der betrachteten Internalisierungsmaßnahmen und Subventionen auf die nationale Ebene natürlich eine unvollständige Abbildung der tatsächlichen Situation dar. Ob nun auf internationaler Ebene die bestehenden Internalisierungsmaßnahmen oder gezahlten Subventionen überwiegen, kann an dieser Stelle nur gemutmaßt werden. Dafür, dass eher die Subventionen überwiegen, spricht beispielsweise eine Studie des International Monetary Fund (IMF) von Coady et al. (2015), in dem sie die weltweit für fossile Energieträger gezahlten Subventionen im Jahr 2015 auf 5,3 Bio. US-Dollar beziffern. Natürlich wird voraussichtlich der größte Teil dieser Subventionen für den jeweiligen inländischen Konsum eingesetzt, es ist aber aufgrund der angestrebten internationalen Wettbewerbsfähigkeit durchaus plausibel anzunehmen, dass für den Export gedachte Energieträger eher subventioniert als durch Internalisierungsmaßnahmen verteuert werden.

Für die vorliegende Arbeit entscheidend ist wiederum, welche Auswirkung eine mögliche Über- oder Unterschätzung der Internalisierungslücke im Vergleich zu der hier berechneten hätte. Diesbezüglich gilt dabei der schon in den Unterkapiteln zuvor (Kapitel 14.1.3.5 und 14.1.3.6) aufgeführte Zusammenhang, dass eine höhere beziehungsweise niedrigere Internalisierungslücke aufgrund des mit dem Einkommen steigenden Energieverbrauchs (siehe Kapitel 11.4.2) letztlich „nur“ zu einer Stärkung beziehungsweise einer Schwächung der progressiven Verteilungswirkung der Nettowirkung des Ökobonus führen würde, diese jedoch nicht in eine regressive Verteilungswirkung umkehren könnte. Dies würde allerdings nicht gelten, wenn statt einer Internalisierungslücke ein Internalisierungsüberschuss vorliegen würde. Dies scheint wegen der unvollständigen Erfassung der externen Kosten (siehe Kapitel 14.1.3.6), des eng und damit eher vorsichtig gewählten Subventionsbegriffs und der doch relativ beträchtlichen Höhe der festgestellten Internalisierungslücke (siehe Tab. 96) aber sehr unwahrscheinlich.

#### ***14.1.3.8 Berechnung der Auswirkungen der Internalisierung***

Bei der Berechnung der Auswirkungen einer Internalisierung stellen die Preiselastizitäten der Energienachfrage eine entscheidende Variable dar. Mittels der Preiselastizitäten wird versucht, die Anpassungsreaktionen der Haushalte auf die durch die Internalisierung ausgelösten Preiserhöhungen zu

---

<sup>159</sup> Dass die Subventionen bei einem erweiterten Subventionsbegriff deutlich höher ausfallen können, zeigt ein Vergleich der Ergebnisse im Strombereich mit denen des Forums ökologisch-soziale Marktwirtschaft (FÖS). Während die eigenen Subventionen pro kWh beim Atomstrom im Jahr 2013 bei 0,09 Ct/kWh liegen, liegen diese beim FÖS bei 4,25 Ct/kWh (Steinkohle: Eigene 0,19 Ct/kWh; FÖS 2,07 Ct/kWh; Braunkohle: Eigene 0,00 Ct/kWh; FÖS 0,99 Ct/kWh) (Küchler und Wronski 2015: 131). Für eine genaue Aufführung der beim FÖS berücksichtigten Tatbestände siehe Küchler und Wronski (2015): 44-46.

schätzen. Da es sich um eine Prognose zukünftiger Auswirkungen handelt, ist sie notwendigerweise mit einiger Unsicherheit behaftet. Unter anderem deswegen werden sowohl Berechnungen in der kurzen als auch in der langen Frist vorgenommen (siehe Kapitel 11.2). Die kurze Frist besitzt dabei im Vergleich niedrigere und über die Einkommen konstante, die lange Frist hingegen höhere und mit dem Einkommen zunehmende Preiselastizitäten. Nun kann die Unterscheidung in kurze und lange Frist einerseits als temporäre Unterscheidung verstanden werden, andererseits aber auch als zwei unterschiedliche Szenarien, die unabhängig von der zeitlichen Dimension sind.

Zusätzlich wurden im Rahmen der Szenariorechnungen in Kapitel 12.3 zwei weitere Szenarien berechnet. Eines mit einer Preiselastizität von 0, also einer vollkommen unelastischen Preiselastizität (SzenPE0). Eine Preiselastizität von 0 ist zwar ebenfalls unwahrscheinlich, die Ergebnisse bilden aber den Fall der größtmöglichen finanziellen Belastung durch die Internalisierung ab und bieten damit einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn.<sup>160</sup> Das zweite zusätzliche Szenario (SzenPE<) basiert auf den durchschnittlichen Preiselastizitäten der langen Frist, weist jedoch noch deutlich stärker mit dem Einkommen ansteigende Preiselastizitäten auf. In diesem Szenario ist die Energienachfrage im zehnten Dezil dreimal so elastisch wie im ersten Dezil. Damit soll der Fall simuliert werden, dass reichere Haushalte noch deutlich stärker als bislang angenommen der Internalisierung – zum Beispiel durch den Kauf energiesparender Geräte oder den Umstieg auf erneuerbare Energien – ausweichen können, während ärmere Haushalte dies weniger stark als bislang angenommen können, weil ihnen die finanziellen Mittel dazu fehlen. Das würde dazu führen, dass ärmere Haushalte im Vergleich zu zuvor durch die Internalisierung stärker belastet würden und reiche Haushalte weniger stark.

Wie die Ergebnisse der vier Preiselastizitäts-Szenariorechnungen gezeigt haben, ist die Verteilungswirkung des Ökobonus umso progressiver je preisunelastischer die Energienachfrage ist (siehe Schaubild 137). Bei einer Preiselastizität von 0 (SzenPE0) ist die Verteilungswirkung also am stärksten progressiv, gefolgt von der kurzen Frist und der langen Frist. Das SzenPE< bildet das Schlusslicht. Das ist auch unmittelbar einleuchtend, da eine preiselastischere Energienachfrage bedeutet, dass durch die Internalisierung der Verbrauch stärker sinkt und dementsprechend auch das Aufkommen der Internalisierung. Dementsprechend gibt es auch beim Ökobonus weniger zu verteilen, das Ausmaß der Progressivität der Verteilungswirkung sinkt.

Eine Umkehrung zu einer regressiven Verteilungswirkung aufgrund der Preiselastizität ist jedoch vor dem Hintergrund der in dieser Arbeit als Ausgangspunkt festgestellten, über das Einkommen steigenden Energieverbräuche (siehe Kapitel 10.4) erst möglich, wenn angenommen wird, dass die Energie-

<sup>160</sup> Zumindest wenn man davon ausgeht, dass es sich bei den Energieträgern nicht um Güter mit einer anormaler Elastizität größer 0 handelt, bei denen also eine Preiserhöhung zu einer steigenden Nachfrage führt.

nachfragen mit dem Einkommen preiselastischer werden, also reichere Haushalte ihren Energieverbrauch durch die Internalisierung prozentual gesehen stärker vermindern als ärmere Haushalte. Dementsprechende Annahmen wurden wie erwähnt bei den Preiselastizitäten der langen Frist und – in noch größerem Umfang – beim Szenarion SzenPE< getroffen. Die Ergebnisse der Berechnungen des SzenPE< haben jedoch gezeigt, dass selbst unter der Annahme sehr deutlich mit dem Einkommen ansteigender Preiselastizitäten eine insgesamt progressive Nettowirkung des Ökobonus bestehen bleibt, auch wenn diese nun deutlich schwächer und in den oberen Dezilen nicht mehr ganz eindeutig ausfällt (siehe Kapitel 12.3).

Bezüglich der Auswirkungen der Preiselastizitäten auf die Genauigkeit und Aussagekraft der Ergebnisse lässt sich also letztlich festhalten, dass es relativ große Unsicherheiten bezüglich Höhe der Preiselastizitäten und den einkommensspezifischen Unterschieden gibt und hier weiterer Forschungsbedarf besteht. Diese Unsicherheiten haben aber sehr wahrscheinlich allein Auswirkungen auf die Stärke der progressiven Verteilungswirkung, würden jedoch nicht zu einer Umkehr auf eine regressive Verteilungswirkung führen. Das lassen zumindest die Szenariorechnungen vermuten.

Trotzdem stellen preisunelastische Energienachfragen – beziehungsweise dass sie widerspiegelnde Fehlen finanzieller Mittel zur Realisierung von Energieeinsparpotenzialen – für einen Teil der armen Haushalte ein großes Problem dar. Insbesondere für die ärmeren Haushalte, die abseits der Mittelwertbetrachtung überdurchschnittlich hohe Verbräuche aufweisen (siehe Kapitel 14.2). Deswegen sollten im Zuge der Internalisierung weitere, vor allem ärmere Haushalte unterstützende, Instrumente eingeführt werden, die bei der Umstellung auf einen nachhaltigeren und geringere externe Kosten verursachenden Konsum unterstützen (siehe Kapitel 14.3.4).

#### **14.1.4 Zusammenfassung**

Bezüglich der Genauigkeit der berechneten Auswirkungen einer Internalisierung lässt sich festhalten, dass diese über die Berechnungen in den einzelnen Schritten auf zahlreichen Annahmen und Vereinfachungen beruhen, durch die teilweise relativ große Unsicherheiten entstehen. Diese Unsicherheiten betreffen jedoch zum größten Teil die Stärke der Progressivität der Verteilungswirkung des Ökobonus und führen nicht zu einer Umkehr hin zu einer regressiven Verteilungswirkung. Darauf deuten sowohl die statistischen Auswertungen in Kapitel 14.1.2, als auch die theoretischen Überlegungen in Kapitel 14.1.3, sowie die vorgenommenen Szenariorechnungen in Kapitel 12 hin. Als zentraler, für die Belastbarkeit der Progressivität der Nettowirkung des Ökobonus sprechender Grund kann dabei genannt werden, dass der bei den eigenen Berechnungen festgestellte Zusammenhang eines mit dem Einkommen ansteigenden Energieverbrauchs (siehe Kapitel 10.4) als robust eingestuft wird. Diese Einstufung beruht zum einen darauf, dass die Genauigkeit der auf Basis der EVS und MiD2008 berechneten Aus-

gaben und Verbräuche als relativ gut bezeichnet werden kann (siehe Kapitel 14.1.2.4); und zum anderen darauf, dass die ECOLOG-Studie von Kleinhüchelkotten et al. (2016) diesen steigenden Verlauf bestätigt (siehe Kapitel 13.4.3).

Allerdings macht das vorliegende Kapitel auch deutlich, dass es bezüglich des Ausmaßes der durch die Internalisierung ausgelösten finanziellen Belastung und damit auch der Stärke der Progressivität der Nettowirkung des Ökobonus erhebliche Unsicherheiten gibt und die vorliegenden Ergebnisse deswegen diesbezüglich vorsichtig interpretiert werden müssen; beispielsweise bei der Einstufung nach der ökonomischen Leistungsfähigkeit (siehe Kapitel 14.1.3.2), der Erfassung der Energieverbräuche (siehe Kapitel 14.1.3.4), der Differenziertheit der Emissionsfaktoren (siehe Kapitel 14.1.3.5) oder der Wahl der Preiselastizitäten (14.1.3.8).

## **14.2 Auswirkungen jenseits der Durchschnittsbetrachtung**

### **14.2.1 Überblick**

In der vorliegenden Arbeit wurden die Ergebnisse bislang allein in Form von arithmetischen Mittelwerten aufgeteilt nach Nettoäquivalenzeinkommensdezilen und für den Durchschnitt dargestellt. In dieser Darstellungsform zeigte sich ein recht eindeutiges Bild: Die Energieverbräuche der jeweiligen Bereiche steigen — von wenigen Ausnahmen abgesehen — über die Dezile und damit mit dem Nettoäquivalenzeinkommen an (siehe Kapitel 10.3 und 11.3). Maßgeblich durch diesen positiven Zusammenhang ausgelöst, steigt in der dezilspezifischen Mittelwertbetrachtung auch die absolute Belastung durch die Internalisierung der bestehenden Internalisierungslücke über die Dezile an, wodurch sich letztlich die progressive Nettoverteilungswirkung des Ökobonus ergibt. Allerdings gelten diese Ergebnisse nur in der in Dezilen aufgeteilten Durchschnittsbetrachtung. Innerhalb der Dezile können jedoch große Streuungen vorliegen und somit die Nettowirkung des Ökobonus im Einzelfall gänzlich unterschiedlich zum Durchschnittswert des Dezils ausfallen. In diesem Kapitel wird deswegen untersucht, wie groß die Variabilität innerhalb der Dezile ist, also wie aussagekräftig die Dezilmittelwerte sind. Dazu werden zunächst Regressionsanalysen bezüglich des Einflusses des Nettoäquivalenzeinkommens auf den Energieverbrauch und die Nettowirkung des Ökobonus durchgeführt, dann einige Lage- und Streuungsmaße analysiert, danach eine grafische Darstellung mittels einen Boxplot präsentiert und abschließend eine dezilspezifische Aufteilung nach positiven und negativen Nettowirkungen des Ökobonus vorgenommen. Basierend auf diesen Ergebnissen werden schließlich einige Möglichkeiten zur Verbesserung der sozialen Verträglichkeit diskutiert.

### 14.2.2 Lineare Regressionsanalysen

Ein Weg sich der Frage der Streuung des Verbrauchs und der Nettowirkung des Ökobonus zu nähern, stellt die Regressionsanalyse dar. Die Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse bezüglich der unabhängigen (exogenen) Variable des Nettoäquivalenzeinkommens sind für den Energieverbrauch und die Nettowirkung des Ökobonus (kurze Frist) in Tab. 143 dargestellt.<sup>161</sup> Diese bestätigen den bisherigen Befund relativ großer Streuungen mit durchweg relativ niedrigen Werte bezüglich des Korrelationskoeffizienten  $\beta$  und des Bestimmtheitsmaßes  $R^2$ . Da es sich bei den hier vorgenommenen Regressionsanalysen um lineare Einfachregressionen handelt, ist der Korrelationskoeffizient  $\beta$  identisch mit der Wurzel des Bestimmtheitsmaßes  $R^2$  ( $\beta=R$ ). Deswegen wird hier allein auf die Werte des Bestimmtheitsmaßes  $R^2$  eingegangen. Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  ist das Verhältnis der Varianz auf der mittels der unabhängigen Variablen gebildeten Regressionsgeraden zur Gesamtvarianz der abhängigen Variablen. Oder anders ausgedrückt: Das Bestimmtheitsmaß gibt den Anteil der Gesamtvarianz an, der durch die Regressionsbeziehung erklärt wird. Die Werte können zwischen 0 und 1 liegen, wobei 0 dafür steht, dass mit der Regressionsgeraden gar kein Anteil an der Gesamtvarianz erklärt wird (Steigung der Regressionsgeraden = 0), der Wert 1 hingegen eine komplette Erklärung der Gesamtvarianz mittels der ausgewählten unabhängigen Variablen bedeutet (alle Werte liegen exakt auf der Regressionsgeraden). Die unabhängige Variable Nettoäquivalenzeinkommen erklärt nun nur einen relativ geringen Anteil der Gesamtvarianz der betrachteten abhängigen Variablen. Bezogen auf den gesamten hier betrachteten Energieverbrauch im Jahr 2013 ergibt sich für  $R^2$  ein Wert von 0,072. Das heißt, dass gerade einmal 7,2% der gesamten Varianz des Energieverbrauchs durch das Nettoäquivalenzeinkommen erklärt werden. Dabei gibt es relativ große Unterschiede zwischen den Bereichen. Am geringsten ist  $R^2$  im Bereich Wärme mit 0,011, gefolgt von Haushaltsstrom mit 0,026 und Flugzeug mit 0,035. Der höchste  $R^2$  liegt beim Energieverbrauch im Bereich MIV vor. Hier werden 11,0% (0,110) der Gesamtvarianz durch das Nettoäquivalenzeinkommen erklärt. Ähnliche Ergebnisse ergeben sich, wenn man die Nettowirkung des Ökobonus (kurze Frist) betrachtet. Im Bereich Wärme liegt  $R^2$  mit 0,008 noch etwas niedriger, beim Haushaltsstrom ist der Wert mit 0,026 identisch, beim Flugzeug und beim MIV liegen die Werte mit 0,038 und 0,125 etwas höher.

Insgesamt betrachtet liegt  $R^2$  bei der Nettowirkung mit 0,110 (11%) ein gutes Stück höher als beim Energieverbrauch (7,2%). Erklärt werden kann der Unterschied zwischen Energieverbrauch und Nettowirkung beim  $R^2$  damit, dass die Internalisierungslücken im Mobilitätsbereich — und dabei insbesondere im Flugverkehr — deutlich höher liegen als beim Haushaltsstrom und der Wärme und deswegen die höheren Bestimmtheitsmaße dieser Bereiche bei der Nettowirkung ein höheres Gewicht besitzen

---

<sup>161</sup> Die Koeffizientenwerte zu allen durchgeführten Regressionsanalysen sind im Anhang in den Tab. 197, Tab. 198 und Tab. 199 zu finden.

als beim Energieverbrauch. Grafisch dargestellt ist der Zusammenhang zwischen Nettoäquivalenzeinkommen und Nettowirkung des Ökobonus in Schaubild 142 in Form eines Streudiagramms.

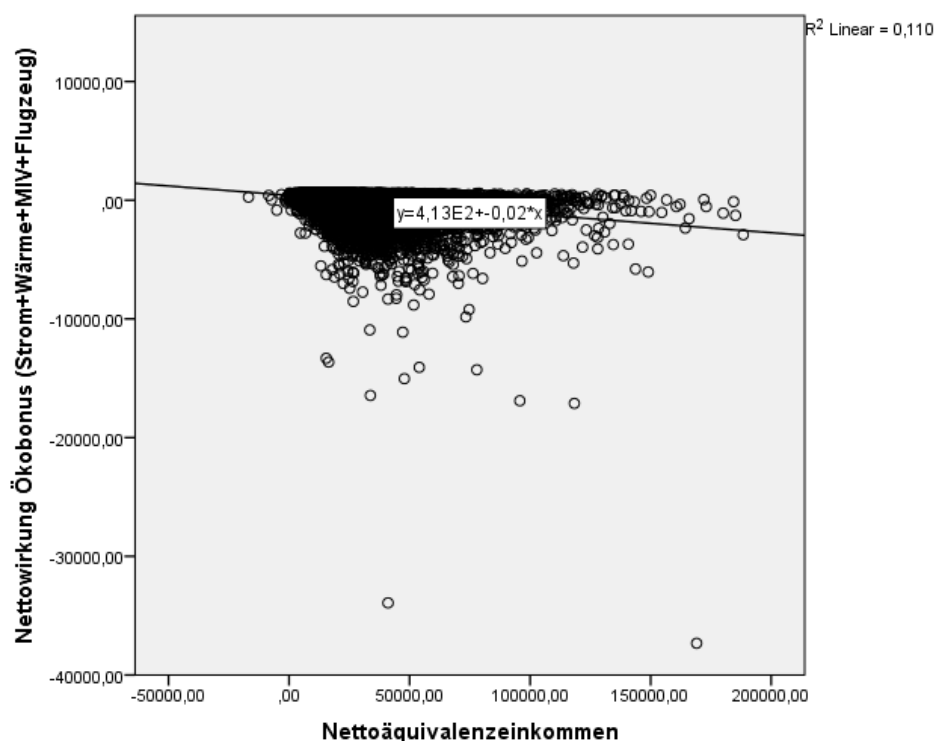
**Tab. 143: Ergebnisse der linearen Regressionsanalysen (unabhängige Variable: Nettoäquivalenzeinkommen)**

Variable	Haushalts- strom	Wärme	MIV	Flugzeug (Gesamt)	Gesamt
<b>Energieverbrauch (2013)</b>					
Korrelationskoeffizient $\beta^*$	0,161	0,106	0,332	0,186	0,269
Bestimmtheitsmaß $R^2$	0,026	0,011	0,110	0,035	0,072
<b>Nettowirkung des Ökobonus (kurze Frist)</b>					
Korrelationskoeffizient $\beta^*$	0,161	0,088	0,353	0,196	0,332
Bestimmtheitsmaß $R^2$	0,026	0,008	0,125	0,038	0,110

*\*Prädiktoren: (Konstante), Nettoäquivalenzeinkommen*

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung*

**Schaubild 142: Streudiagramm des Nettoäquivalenzeinkommens und der Nettowirkung des Ökobonus (kurze Frist, €/P/a)**



*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung*

Zwar gibt es keine wirklich eindeutige Skala, die aussagen würde, wann ein Bestimmtheitsmaß als „gut“ beziehungsweise „schlecht“ angesehen kann, da dies unter anderem von der Art der Untersuchung (zum Beispiel ob menschliches Verhalten oder ein naturwissenschaftlicher Zusammenhang erklärt werden soll) abhängt, die vorliegenden Werte der unabhängigen Variable Nettoäquivalenzeinkommen von 0,008 bis 0,110 sind jedoch auf jeden Fall als niedrig zu bezeichnen. Offenbar hängt die Varianz

des Energieverbrauchs und der Nettowirkung des Ökobonus also noch von vielen anderen Dingen außer dem Einkommen ab. Allerdings ergaben auch die Auswertungen anderer in Frage kommender Variable der EVS keine höheren Werte: Beispielsweise lässt sich mit der Anzahl der Haushaltsmitglieder (EVS2013-Variable: EF7) die Gesamtvarianz der Nettowirkung des Ökobonus der gesamten betrachteten Bereiche nur zu 2,6% ( $R^2=0,026$ ), mit dem Alter des ersten Haushaltsmitglieds (EF8u3) nur zu 0,6% ( $R^2=0,006$ ) und mit der Einwohnergrößenklasse des Wohnorts (EF4) nur zu 0,3% ( $R^2=0,003$ ) erklären. Setzt man die drei aufgezählten Variablen sowie das Nettoäquivalenzeinkommens in einer linearen multiplen Regressionsanalyse als unabhängige Variablen ein, beträgt das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  bezüglich der Nettowirkung des Ökobonus der gesamten betrachteten Bereiche immer noch nur 0,144, es werden also nur 14,4% der Gesamtvarianz der Nettowirkung durch die vier Variablen erklärt. Diese niedrigen Werte des Bestimmtheitsmaßes lassen darauf schließen, dass die Nettowirkung des Ökobonus – die, wie die Korrelationsanalyse in Kapitel 11.6.2 gezeigt hat, maßgeblich von der Höhe des Energieverbrauchs bestimmt wird – von zahlreichen Variablen abhängt, die zudem zu einem guten Teil gar nicht in der EVS erfasst sind.<sup>162</sup>

Da die Anzahl der Haushaltsmitglieder von den drei untersuchten Variablen bezogen auf die Nettowirkung des Ökobonus das größte – wenn auch im Vergleich zum Nettoäquivalenzeinkommen deutlich geringere – Bestimmtheitsmaß aufweist und auch bei den für die Schweiz durchgeführten Auswertungen zu den mit einem Ökobonus verknüpften Lenkungsabgaben in den Studien von Iten und Beck (2003) und Müller und Spillmann (2015) die Anzahl der Haushaltsmitglieder als ein wichtiges Merkmal bezüglich deren Verteilungswirkung identifiziert wurde (siehe Kapitel 5.5), werden im Folgenden die Nettowirkungen des Ökobonus aufgeteilt nach der Anzahl der Haushaltsmitglieder dargestellt und kurz erläutert.

Wie in Tab. 144 zu sehen ist, liegt ein positiver Zusammenhang zwischen der Nettowirkung des Ökobonus und der Anzahl der Haushaltsmitglieder vor. Während bei Ein-Personen-Haushalten die aggregierte Nettowirkung (kurze Frist) bei einem negativen Wert von 106 €/P/a liegt, diese also belastet werden, steigt sie mit der Anzahl der Haushaltsmitglieder streng monoton an bis auf einen positiven Wert von 339 €/P/a bei Haushalten mit sieben Personen. Bei Haushalten mit acht Personen oder mehr fällt die Nettowirkung wieder leicht ab auf 337 €/P/a. Auch auf der Ebene der einzelnen Bereiche steigen die Nettowirkungen – von wenigen Ausnahmen abgesehen – mit der Anzahl der Haushaltsmitglieder an.

Allerdings müssen die Ergebnisse von Haushalten mit sieben oder mehr Personen mit Vorsicht interpretiert werden, da hier die der Auswertung zu Grunde liegenden Fallzahlen relativ gering sind. Bei

<sup>162</sup> Mögliche Kandidaten sind hier beispielsweise die Entfernung zum Arbeitsplatz und die persönliche Einstellung zu Umweltfragen.



Haushalten mit sieben Personen liegt die Fallzahl bei 56 Haushalten, bei acht Personen oder mehr sogar nur bei 16 Haushalte. Der grundlegende Trend, dass die Nettowirkung mit der Anzahl der Haushaltsmitglieder ansteigt, kann jedoch trotzdem als relativ eindeutig bezeichnet werden und stimmt mit den auf die Schweiz bezogenen Ergebnissen von Iten und Beck (2003) und Müller und Spillmann (2015) überein (siehe Kapitel 5.5). Ein wesentlicher Grund für diesen steigenden Zusammenhang sind sicherlich Skaleneffekte, dass also bei steigender Haushaltsmitgliederzahl aufgrund gemeinsamer Nutzung pro Haushaltsmitglied weniger Energie verbraucht wird.

**Tab. 144: Nettowirkung des Ökobonus aufgeteilt nach Anzahl der Haushaltsmitglieder (€/P/a; kurze Frist)**

Anzahl der Pers. im Haushalt	Haushaltsstrom	Wärme	MIV	Flugzeug	Gesamt	Anzahl der Fälle (N)
eine Person	-17	-54	-8	-27	-106	14.083
zwei Personen	-9	-20	-26	-35	-90	17.564
drei Personen	6	25	-9	26	48	5.538
vier Personen	17	43	30	46	136	4.257
fünf Personen	25	61	72	39	197	1.064
sechs Personen	31	73	108	86	299	214
sieben Personen	31	81	135	91	339	56
acht Pers. u. mehr	29	78	157	73	337	16
<b>Gesamt</b>	0	0	0	0	0	42.792

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung*

### 14.2.3 Lage- und Streuungsmaße

Zur Analyse der Aussagekraft der arithmetischen Mittelwerte der Dezile werden zunächst die Lagebeziehungsweise Streuungsmaße des Median, der Standardabweichung, des Variationskoeffizienten, des Minimums und des Maximums und der sich daraus ergebenden Spannweite untersucht. Dargestellt sind diese Maße für das Jahr 2013 (EVS2013) in Tab. 145 für die für das Jahr 2013 festgestellten Energieverbräuche der Bereiche Haushaltsstrom, Wärme, MIV und Flugzeug.<sup>163</sup>

Insgesamt zeigen die Auswertungen eine relativ hohe Streuung innerhalb der Dezile. So liegt der Variationskoeffizient — also die durch den Mittelwert geteilte Standardabweichung — bei den aufgeführten Positionen zwischen 68% und 630%. Dabei tritt die geringste Streuung mit Werten zwischen 68% und 79% im Bereich Haushaltsstrom auf, die höchste bei den Flugausgaben mit 339% bis 630%. Im Wärmebereich liegen die Variationskoeffizienten zwischen 140% und 183%, beim MIV zwischen 73% und 158%. Bei der aggregierten Betrachtung der Energieverbräuche von Strom, Wärme, MIV und Flugzeug ergibt sich ein Variationskoeffizient zwischen 89% und 117%.

<sup>163</sup> Eine Darstellung der Lage- und Streuungsmaße auf niedrigerer Aggregationsebene ist für die EVS im Anhang ist in Tab. 192 zu finden. Die Lage- und Streuungsmaße der MiD2008 sind auf niedrigerer Aggregationsebene im Anhang in den Tab. 193, Tab. 194, Tab. 195 und Tab. 196 zu finden.

Tab. 145: Dezilspezifische Lage- und Streuungsmaße der Energieverbräuche (2013, kWh/P/a)

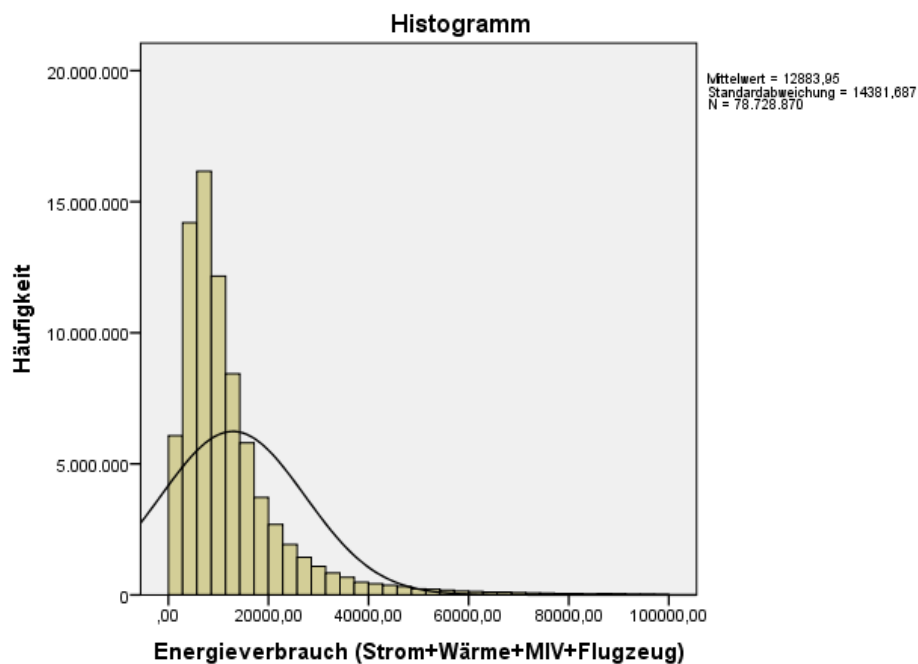
Nettoäquivalenzeinkommen in Dezilen		Haushalts- strom	Wärme	MIV	Flugzeug (Gesamt)	Gesamt
1	Mittelwert	1.089	4.534	1.353	687	7.663
	Median	950	3.391	0	0	6.050
	Standardabweichung	781	6.366	2.144	4.332	8.309
	Variationskoeffizient	72%	140%	158%	630%	108%
	Maximum	10.520	130.286	27.680	114.128	149.057
2	Mittelwert	1.102	5.007	2.202	795	9.106
	Median	972	3.477	1.730	0	6.869
	Standardabweichung	747	7.377	2.429	4.691	9.494
	Variationskoeffizient	68%	147%	110%	590%	104%
	Maximum	8.599	120.506	29.515	154.589	219.327
3	Mittelwert	1.178	5.466	2.839	928	10.411
	Median	1.022	3.512	2.359	0	7.859
	Standardabweichung	863	8.167	2.682	5.432	10.410
	Variationskoeffizient	73%	149%	94%	585%	100%
	Maximum	12.507	120.349	23.747	205.206	212.334
4	Mittelwert	1.201	5.778	3.289	1.098	11.367
	Median	1.039	3.649	2.823	0	8.503
	Standardabweichung	881	9.713	2.773	4.356	11.243
	Variationskoeffizient	73%	168%	84%	397%	99%
	Maximum	17.360	200.713	27.092	98.769	211.290
5	Mittelwert	1.266	5.846	3.776	965	11.854
	Median	1.094	3.682	3.224	0	9.279
	Standardabweichung	871	9.110	3.068	3.777	10.535
	Variationskoeffizient	69%	156%	81%	391%	89%
	Maximum	11.979	152.064	77.388	83.266	154.915
6	Mittelwert	1.256	6.642	3.992	1.133	13.022
	Median	1.074	3.869	3.469	0	9.679
	Standardabweichung	884	10.977	3.168	4.402	12.595
	Variationskoeffizient	70%	165%	79%	389%	97%
	Maximum	9.828	144.201	50.048	89.693	151.699
7	Mittelwert	1.323	6.317	4.337	1.238	13.215
	Median	1.135	3.722	3.756	0	9.977
	Standardabweichung	1.041	10.615	3.179	4.191	12.257
	Variationskoeffizient	79%	168%	73%	339%	93%
	Maximum	42.994	162.421	28.909	76.064	219.428
8	Mittelwert	1.341	6.927	4.641	1.762	14.671
	Median	1.164	3.715	3.985	0	10.805
	Standardabweichung	907	12.424	3.477	6.813	14.966
	Variationskoeffizient	68%	179%	75%	387%	102%
	Maximum	11.012	391.937	77.747	198.230	408.476
9	Mittelwert	1.383	7.213	5.119	2.762	16.478
	Median	1.182	3.951	4.437	0	11.730
	Standardabweichung	1.009	12.744	3.765	9.453	16.889
	Variationskoeffizient	73%	177%	74%	342%	102%
	Maximum	21.416	241.214	38.466	503.033	511.781
10	Mittelwert	1.630	8.652	5.876	4.894	21.053
	Median	1.360	4.541	4.937	0	14.344
	Standardabweichung	1.278	15.870	4.669	17.134	24.727
	Variationskoeffizient	78%	183%	79%	350%	117%
	Maximum	23.208	354.919	49.148	503.033	554.082
Ø	Mittelwert	1.277	6.238	3.742	1.626	12.884
	Median	1.087	3.702	3.085	0	9.182
	Standardabweichung	949	10.740	3.461	7.648	14.382
	Variationskoeffizient	74%	172%	92%	470%	112%
	Maximum	42.994	391.937	77.747	503.033	554.082

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Die Spannweite der Energieverbräuche ergibt sich, wenn man die minimalen von den maximalen Werten abzieht. Die minimalen Werte betragen bei allen Positionen den Wert 0, das heißt es gibt in allen Dezilen Haushalte, die keinen Energieverbrauch beziehungsweise keine Ausgaben bei den jeweiligen Positionen angegeben haben.<sup>164</sup> Die Maximalwerte stimmen deshalb bei dieser Tabelle mit der Spannweite überein. Dabei zeigen sich relativ hohe Werte: Am größten ist die Spannweite absolut gesehen im Wärmebereich mit einem Wert von 391.937 kWh/P/a im achten Dezil. Die größte relative Spannweite (Spannbreite/Mittelwert) liegt mit einem Wert von 221 im dritten Dezil beim Flugverkehr vor.<sup>165</sup>

Bei der Betrachtung der Medianwerte fällt auf, dass diese durchweg niedriger ausfallen als die Mittelwerte. Es handelt sich also um eine rechtsschiefe (linkssteile) Verteilung. Für den aggregierten Energieverbrauch der betrachteten Bereiche ist die Verteilung in Form eines Histogramms in Schaubild 143 genauer dargestellt. Dort erkennt man, dass es sich um eine eingipflige, rechtsschiefe Verteilung handelt, die deutlich von einer Normalverteilung abweicht.

**Schaubild 143: Histogramm des Energieverbrauchs (2013, kWh/P/a)**



*X-Achse abgeschnitten bei 100.000 kWh/P/a zur besseren Übersichtlichkeit*

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-5; eigene Berechnung*

Die große Streuung und rechtsschiefe Verteilung beim Energieverbrauch sorgt dafür, dass auch die in Tab. 146 aufgeführte Belastungswirkung der Internalisierung – hier dargestellt für die kurze Frist –

<sup>164</sup> Um die Übersichtlichkeit von Tab. 145 zu verbessern, wurden die Minimalwerte (überall gleich 0) nicht in die Tabelle aufgenommen.

<sup>165</sup> Natürlich ist es möglich, dass es sich bei den enormen Maximalwerten um Erhebungsfehler handelt. Da jedoch sowohl die EVS als auch MiD2008 auf solche Erhebungsfehler bereits von den erhebenden Institutionen untersucht wurden, wurde hier davon abgesehen selbst Werte auszuschließen.

große Streubreiten und eine rechtsschiefe Verteilung aufweist. Dabei entsprechen die Variationskoeffizienten in den Bereichen Haushaltsstrom und Flugzeug denen der Energieverbräuche, da die Internalisierungslücken und die Preiselastizitäten in der kurzen Frist über alle Haushalte gleich sind. Bei den Bereichen „Wärme“ und „MIV“ weichen sie leicht ab, da hier haushaltsspezifisch unterschiedliche Internalisierungslücken vorherrschen, da sie sich aus unterschiedlichen Energieträgern zusammensetzen. Mit 138% bis 205% im Wärmebereich ist die Abweichung zum Energieverbrauch (140%-183%) jedoch eher gering. Beim MIV weicht aufgrund der Annahme dezilspezifisch konstanter Anteile der Benzin- und Dieselausgaben (siehe Kapitel 9.3.1.3) sogar nur der Variationskoeffizient des Gesamtdurchschnitts mit 94% leicht ab von dem des Energieverbrauchs (92%).

Aggregiert man die Belastungswirkungen der betrachteten Bereiche, so wird das erste Dezil durchschnittlich mit 293 €/P/a durch die Internalisierung in der Bruttoperspektive (ohne Ökobonus) belastet. Der Median der Belastung liegt mit 239 €/P/a etwas niedriger, was die rechtsschiefe Verteilung widerspiegelt. Die große Streuung wird deutlich, wenn man die Standardabweichungen betrachtet. Die durchschnittliche Standardabweichung beträgt im ersten Dezil 260 €/P/a und damit 89% (Variationskoeffizient) des Mittelwerts. Die maximale Belastung beträgt mit 3.388 €/P/a im ersten Dezil rund das 12-fache des Mittelwerts. Ähnliche Werte zeigen sich über alle Dezile, wobei die Mittelwerte, der Median und die Standardabweichung (abgesehen vom dritten und siebten Dezil) monoton ansteigen. Bei der Standardabweichung lässt sich kein eindeutiger Trend über die Dezile ausmachen. Im zehnten Dezil liegt der Mittelwert der finanziellen Belastung schließlich bei 1.086 €/P/a, der Median bei 777 €/P/a, die Standardabweichung bei 1.342 €/P/a. Mit 124% erreicht der Variationskoeffizient im zehnten Dezil seinen Maximalwert. Auch bei der maximalen Belastung liegt das zehnte Dezil mit einem Wert von 37.942 €/P/a vorne.

**Tab. 146: Dezilspezifische Lage- und Streuungsmaße der Belastungswirkungen der Internalisierung  
(kurze Frist, €/P/a)**

Nettoäquivalenzeinkommen in Dezilen		Haushalts- strom	Wärme	MIV	Flugzeug (Gesamt)	Gesamt
1	Mittelwert	67	108	100	18	293
	Median	58	77	0	0	239
	Standardabweichung	48	150	159	110	260
	Variationskoeffizient	72%	138%	158%	630%	89%
	Maximum	646	2.682	2.047	2.909	3.388
2	Mittelwert	68	119	163	20	370
	Median	60	80	128	0	308
	Standardabweichung	46	180	180	120	299
	Variationskoeffizient	68%	152%	110%	590%	81%
	Maximum	527	3.166	2.184	3.940	6.155
3	Mittelwert	72	128	208	63	471
	Median	63	80	173	0	366
	Standardabweichung	53	199	197	367	472
	Variationskoeffizient	73%	155%	94%	585%	100%
	Maximum	766	3.163	1.741	13.862	14.258
4	Mittelwert	74	133	241	74	522
	Median	64	77	207	0	405
	Standardabweichung	54	243	203	294	443
	Variationskoeffizient	73%	183%	84%	397%	85%
	Maximum	1.062	5.271	1.987	6.672	7.084
5	Mittelwert	77	135	285	83	580
	Median	67	79	243	0	459
	Standardabweichung	53	221	232	325	463
	Variationskoeffizient	69%	164%	81%	391%	80%
	Maximum	733	3.978	5.849	7.167	7.634
6	Mittelwert	77	154	301	98	630
	Median	66	81	262	0	490
	Standardabweichung	54	275	239	379	539
	Variationskoeffizient	70%	179%	79%	389%	86%
	Maximum	601	3.785	3.781	7.720	8.041
7	Mittelwert	81	146	329	105	661
	Median	69	80	285	0	519
	Standardabweichung	64	266	241	354	527
	Variationskoeffizient	79%	183%	73%	339%	80%
	Maximum	2.629	4.265	2.198	6.427	9.145
8	Mittelwert	82	158	352	149	741
	Median	71	77	303	0	575
	Standardabweichung	55	309	264	576	718
	Variationskoeffizient	68%	196%	75%	387%	97%
	Maximum	674	10.378	5.910	16.750	17.067
9	Mittelwert	85	163	404	186	837
	Median	72	80	350	0	647
	Standardabweichung	62	318	297	638	796
	Variationskoeffizient	73%	195%	74%	342%	95%
	Maximum	1.309	6.289	3.037	33.946	34.543
10	Mittelwert	100	192	464	330	1.086
	Median	83	92	389	0	777
	Standardabweichung	78	395	368	1.156	1.342
	Variationskoeffizient	78%	205%	79%	350%	124%
	Maximum	1.419	9.312	3.879	33.946	37.942
Ø	Mittelwert	78	144	285	113	619
	Median	67	80	233	0	453
	Standardabweichung	58	266	266	527	692
	Variationskoeffizient	74%	185%	94%	468%	112%
	Maximum	2.629	10.378	5.910	33.946	37.942

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Was bedeutet das nun für die Nettowirkung des Ökobonus? Dargestellt sind die Lage- und Streuungsparameter der aggregierten Nettowirkung des Ökobonus (bezogen auf die kurze Frist) in Tab. 147. Da die Nettowirkung sowohl positive als auch negative Werte annehmen kann, ist eine Berechnung des Variationskoeffizienten hier nicht sinnvoll möglich (vgl. Kohn und Öztürk 2017: 68). Stattdessen wird abweichend zu den Tabellen zuvor auch das Minimum angegeben, welches zuvor ausgelassen werden konnte, weil es immer 0 betrug. Da sich die Nettowirkung des Ökobonus direkt aus den finanziellen Belastungswirkungen berechnet, entsprechen die Ergebnisverhältnisse prinzipiell den zuvor präsentierten. Bei der Nettowirkung des Ökobonus repräsentieren positive Werte jedoch eine Entlastung (Gewinn) und negative Werte eine Belastung (Verlust). Durch diese Umkehr verkehrt sich auch die Verteilung von einer rechtsschiefen in eine linksschiefe. Folgerichtig liegt der Median nun immer oberhalb des arithmetischen Mittelwerts. Erneut zeigen sich relativ große Spannbreiten: So liegt beispielsweise im ersten Dezil beim Haushaltsstrom die Standardabweichung bei 48 €/P/a, wobei der Mittelwert der Nettowirkung bei einem Gewinn von 11 €/P/a liegt. Der minimale Wert – also die höchste Belastung – liegt bei 567 €/P/a, der maximale Wert – also der höchste Gewinn – bei 78 €/P/a. Die Spannweite beträgt somit 646 €/P/a, was dem 57-fachen des Mittelwerts entspricht. In der über alle untersuchten Bereiche aggregierten Sichtweise beträgt die durchschnittliche Nettowirkung des Ökobonus im ersten Dezil 326 €/P/a, der Median liegt bei 380 €/P/a und die Standardabweichung bei 260 €/P/a. Die maximale Nettowirkung liegt im ersten Dezil bei 619 €/P/a, die minimale bei -2.769 €/P/a. Daraus ergibt sich eine Spannweite von 3.388 €/P/a, was etwa dem 10-fachen des arithmetischen Mittelwerts entspricht. Im zehnten Dezil liegt der Mittelwert bei -467 €/P/a, der Median bei -157 €/P/a und die Standardabweichung bei 1.342 €/P/a. Die Spannweite beträgt 37.942 €/P/a und liegt zwischen -37.323 €/P/a und 619 €/P/a. All diese Werte des zehnten Dezils stellen die jeweiligen Extremwerte beim Vergleich der Dezile dar.

Zusammenfassend lässt sich also bis hierhin festhalten, dass die Streuung bezüglich der Nettowirkungen des Ökobonus innerhalb der Dezile relativ groß ist und es in allen Dezilen sowohl Gewinner (positive Nettowirkung) als auch Verlierer (negative Nettowirkung) bei einer Internalisierung der externen Kosten bei gleichzeitiger Rückverteilung mittels des Ökobonus geben würde.

**Tab. 147: Dezilspezifische Lage- und Streuungsmaße der Nettowirkungen des Ökobonus  
(kurze Frist, €/P/a)**

Nettoäquivalenzeinkommen in Dezilen		Haushalts- strom	Wärme	MIV	Flugzeug (Gesamt)	Gesamt
1	Mittelwert	11	35	185	95	326
	Median	20	67	285	113	380
	Standardabweichung	48	150	159	110	260
	Minimum	-567	-2.538	-1.762	-2.796	-2.769
	Maximum	78	144	285	113	619
2	Mittelwert	11	25	122	92	249
	Median	19	64	157	113	311
	Standardabweichung	46	180	180	120	299
	Minimum	-449	-3.022	-1.899	-3.827	-5.536
	Maximum	78	144	285	113	619
3	Mittelwert	6	15	77	50	148
	Median	16	64	112	113	253
	Standardabweichung	53	199	197	367	472
	Minimum	-687	-3.019	-1.456	-13.750	-13.639
	Maximum	78	144	285	113	619
4	Mittelwert	5	11	44	38	97
	Median	15	67	78	113	214
	Standardabweichung	54	243	203	294	443
	Minimum	-984	-5.127	-1.702	-6.560	-6.465
	Maximum	78	144	285	113	619
5	Mittelwert	1	9	0	29	39
	Median	11	65	41	113	160
	Standardabweichung	53	221	232	325	463
	Minimum	-655	-3.834	-5.565	-7.055	-7.015
	Maximum	78	144	285	113	619
6	Mittelwert	1	-10	-17	15	-11
	Median	12	62	23	113	129
	Standardabweichung	54	275	239	379	539
	Minimum	-523	-3.641	-3.497	-7.608	-7.422
	Maximum	78	144	285	113	619
7	Mittelwert	-3	-2	-45	8	-42
	Median	9	63	0	113	100
	Standardabweichung	64	266	241	354	527
	Minimum	-2.550	-4.122	-1.913	-6.315	-8.526
	Maximum	78	144	285	113	619
8	Mittelwert	-4	-14	-68	-36	-122
	Median	7	67	-18	113	44
	Standardabweichung	55	309	264	576	718
	Minimum	-595	-10.235	-5.625	-16.638	-16.448
	Maximum	78	144	285	113	619
9	Mittelwert	-6	-19	-119	-74	-218
	Median	6	63	-65	113	-28
	Standardabweichung	62	318	297	638	796
	Minimum	-1.231	-6.145	-2.752	-33.834	-33.924
	Maximum	78	144	285	113	619
10	Mittelwert	-22	-49	-179	-218	-467
	Median	-5	52	-105	113	-157
	Standardabweichung	78	395	368	1.156	1.342
	Minimum	-1.341	-9.169	-3.594	-33.834	-37.323
	Maximum	78	144	285	113	619
Ø	Mittelwert	0	0	0	0	0
	Median	12	63	52	113	166
	Standardabweichung	58	266	266	527	692
	Minimum	-2.550	-10.235	-5.625	-33.834	-37.323
	Maximum	78	144	285	113	619

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

### 14.2.4 Boxplot

In diesem Kapitel wird sich der Frage des Anteils der Gewinner und Verlierer des Ökobonus mittels eines Boxplots angenähert. Der Boxplot ist für die aggregierte Nettowirkung des Ökobonus (kurze Frist) in Schaubild 144 dargestellt. Dabei ist im oberen Schaubild die Skala der Y-Achse so gewählt, dass alle Extremwerte enthalten sind. Im unteren Schaubild ist hingegen die Skala der Y-Achse so angepasst, dass man die Boxen besser erkennen kann. Dabei stellen die Boxen den Wertebereich dar, in dem die mittleren 50% der Ergebnisse liegen (Wertebereich zwischen dem 1. und 3. Quartil). Sowohl die untere als auch die obere Grenze fallen über die Dezile streng monoton ab. Wie zu sehen ist, liegt dabei die Box – und damit die Nettowirkung von 50% des jeweiligen Dezils – vom ersten bis dritten Dezil oberhalb von 0: im ersten Dezil die untere Grenze (1. Quartil) der Box bei einem Wert von 252 €/P/a, im zweiten bei 163 €/P/a und im dritten bei 48 €/P/a (siehe Tab. 148). Im vierten Dezil fällt die untere Grenze zum ersten Mal unter 0, nämlich auf -10 €/P/a. Im zehnten Dezil beträgt die untere Grenze schließlich -667 €/P/a, die obere 144 €/P/a. Beim Blick auf die „Antennen“ (auch „Whisker“ genannt) zeigt sich jedoch erneut die relativ große Streuung. Die Antennen sind so definiert, dass sie dem 1,5-fachen der jeweiligen Boxlänge (Interquartilsabstand) entspricht. Bei allen Dezilen reichen die Antennen bis in den negativen Bereich. Außerdem gibt es in allen Dezilen zahlreiche Ausreißer, die außerhalb der Antennen und alle im negativen Bereich liegen. Der Boxplot zeigt also, dass es in allen Dezilen Haushalte beziehungsweise Personen gibt, die mit einer negativen Nettowirkung des Ökobonus rechnen müssten. Wie groß dieser Anteil genau ist, wird im folgenden Kapitel untersucht.

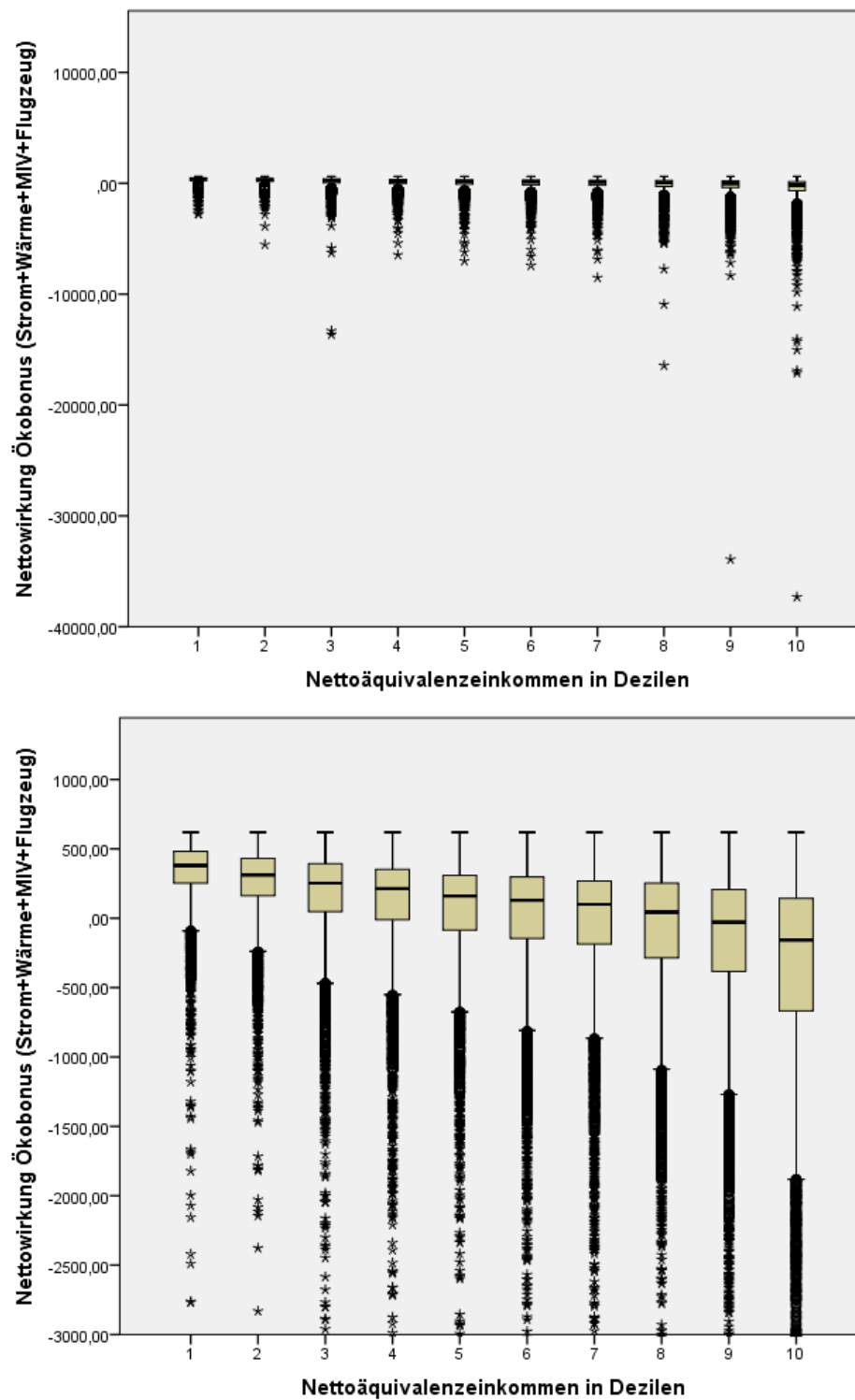
**Tab. 148: Quartilswerte und Interquartilsabstand der Nettowirkung des Ökobonus (kurze Frist, €/P/a)**

Dezile	1. Quartil (Perzentil 25)	3. Quartil (Perzentil 75)	Interquartils- abstand	Mittelwert
1	252	482	734	326
2	163	431	594	249
3	48	393	441	148
4	-10	352	362	97
5	-85	309	394	39
6	-146	298	444	-11
7	-186	268	453	-42
8	-285	253	538	-122
9	-384	207	591	-218
10	-667	144	811	-467

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung



Schaubild 144: Boxplot der Nettowirkung des Ökobonus (kurze Frist, €/P/a)



Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

### 14.2.5 Dezilspezifische Aufteilung in positive und negative Nettowirkungen des Ökobonus

In Tab. 149 sind die Anteile der Personen mit einer positiven Nettowirkung des Ökobonus (kurze Frist) aufgeteilt auf die verschiedenen Energiebereiche dargestellt. Beim Haushaltsstrom fällt der Anteil von 70% im ersten Dezil monoton bis auf 45% im zehnten Dezil. Bei der Wärme liegt der Anteil zwischen 66% (10. Dezil) und 73% (2. Dezil) über alle Dezile relativ nah beinander. Beim MIV und Flugzeug sinkt der Anteil der durch den Ökobonus Begünstigten streng monoton über die Dezile; beim MIV von 89% im ersten Dezil bis auf 35% im zehnten Dezil, beim Flugzeug von 96% bis auf 72%. Aggregiert betrachtet führt dies dazu, dass der Anteil der Personen, die vom Ökobonus profitieren, im ersten Dezil mit 92% am höchsten ist und dann streng monoton abfällt bis auf 38% im zehnten Dezil. Andersherum ausgedrückt würden also 8% der Personen im ersten Dezil durch den Ökobonus netto belastet, im zehnten Dezil hingegen 62%. Insgesamt lässt sich feststellen, dass insbesondere bei den Mobilitätsbereichen Flugzeug und MIV relativ wenige Haushalte der unteren Dezile zu den Verlierern eines Ökobonus zählen würden, während bei der Wärme und beim Haushaltsstrom mit etwa 30% doch ein relativ großer Anteil davon betroffen wäre.

Zur weiteren Einschätzung des Ausmaßes des Verlusts beziehungsweise Gewinns durch den Ökobonus sind in Tab. 149 zudem die Mittelwerte aufgeteilt in die Personen mit positiven und die mit negativen Nettowirkungen des Ökobonus dargestellt. Über alle Bereiche aggregiert betrachtet würden die 92% des ersten Dezils, die positive Nettowirkungen erfahren, durchschnittlich einen Betrag von 379 €/P/a erhalten. Demgegenüber würden die 8%, die eine negative Nettowirkung aufweisen, durchschnittlich mit 327 €/P/a belastet. Abgesehen vom Übergang vom neunten zum zehnten Dezil fällt der Mittelwert der positiven Nettowirkung über die Dezile monoton ab. Im zehnten Dezil beträgt sie 231 €/P/a. Beim Mittelwert der negativen Nettowirkungen ist der Zusammenhang weniger eindeutig, im Trend lässt sich jedoch ebenfalls ein fallender Zusammenhang von -327 €/P/a im ersten Dezil bis auf -894 €/P/a im zehnten Dezil erkennen. Besonders fällt dabei der Flugbereich auf: Bei diesem liegt der Mittelwert der positiven Nettowirkungen über alle Dezile hinweg beinahe identisch bei etwa 110 €/P/a, während die Mittelwerte der negativen Nettowirkungen mit -1.060 €/P/a bis -260 €/P/a im Betrag sehr hoch ausfallen. Erklären lässt sich dies damit, dass es beim Flugverkehr sehr viele Nichtflieger gibt, die somit in voller Höhe vom Flugzeug-Ökobonus profitieren.

**Tab. 149: Anteil der Personen mit positiver Nettowirkung und Mittelwerte der Personen mit positiver/negativer Nettowirkung (kurze Frist)**

Dezile	Haushaltsstrom	Wärme	MIV	Flugzeug (Gesamt)	Gesamt
<b>Anteil der Personen mit positiver Nettowirkung des Ökobonus (%)</b>					
1	70%	72%	89%	96%	92%
2	70%	73%	81%	95%	87%
3	67%	72%	74%	91%	78%
4	65%	72%	69%	89%	74%
5	62%	71%	59%	88%	68%
6	62%	70%	56%	87%	65%
7	60%	71%	50%	84%	61%
8	57%	70%	46%	80%	55%
9	56%	70%	39%	78%	48%
10	45%	66%	35%	72%	38%
Ø	61%	70%	60%	86%	67%
<b>Mittelwert der Personen mit positiver Nettowirkung des Ökobonus (€/P/a)</b>					
1	34	94	227	111	379
2	33	91	189	111	334
3	32	93	166	112	307
4	31	94	147	111	284
5	30	96	136	111	256
6	31	94	130	110	253
7	29	96	128	110	243
8	30	97	129	110	239
9	29	96	133	109	229
10	29	97	139	110	231
Ø	31	95	160	111	286
<b>Mittelwert der Personen mit negativer Nettowirkung des Ökobonus (€/P/a)</b>					
1	-43	-119	-166	-302	-327
2	-41	-152	-160	-260	-304
3	-46	-181	-177	-584	-431
4	-45	-202	-182	-551	-440
5	-47	-199	-200	-552	-430
6	-47	-251	-203	-601	-505
7	-50	-243	-216	-548	-484
8	-48	-272	-236	-632	-558
9	-53	-282	-280	-711	-627
10	-64	-327	-347	-1.060	-894
Ø	-49	-226	-237	-679	-572

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Das Ausmaß der Problematik der „Verlierer“ in den unteren Dezilen wird deutlich, wenn man die in Tab. 149 dargestellten Mittelwerte der Personen mit negativen Nettowirkungen in Bezug zu deren Nettoeinkommen setzt und damit deren relative Belastung betrachtet. Diese sind – zusammen mit den

positiven Nettowirkungen – in Tab. 150 dargestellt. In der Betrachtung aller Bereiche würden die 8% der Personen des ersten Dezils, die eine negative Nettowirkung des Ökobonus erfahren würden (siehe Tab. 149) durch diese in Höhe von 4,1% ihres Nettoeinkommens belastet. Ganz eindeutig ist der Trend zwar nicht, aber die relative Belastung nimmt tendenziell über die Dezile ab, bis sie im zehnten Dezil bei ihrem minimalen Wert von 2,0% liegt. Dabei wäre die Belastung in den unteren Dezilen vor allem im Flugverkehr sehr hoch. Bei diesem müssten die 4% negativ betroffenen Personen des ersten Dezils Belastungen schultern, die durchschnittlich 4,1% ihres Einkommens entsprechen. In den anderen Bereichen liegen die durchschnittlichen Belastungen der Personen mit negativen Nettowirkungen im ersten Dezil mit 2,1% des Nettoeinkommens beim MIV, mit 1,4% bei der Wärme und mit 0,5% beim Haushaltsstrom deutlich niedriger. Allerdings zeigt sich auch bei diesen Bereichen, dass relativ betrachtet Ärmere (bezogen allein auf die negativ Betroffenen) stärker belastet würden als Reichere. Für die Personen mit negativen Nettowirkungen des Ökobonus kann dieser also nicht als sozialverträglich bezeichnet werden.

**Tab. 150: Mittelwerte der Personen mit positiver/negativer Nettowirkung (kurze Frist, relativ)**

Dezile	Haushaltsstrom	Wärme	MIV	Flugzeug (Gesamt)	Gesamt
<b>Mittelwert der Personen mit positiver Nettowirkung des Ökobonus (% des Nettoeinkommens)</b>					
<b>1</b>	0,4%	1,1%	2,9%	1,5%	4,7%
<b>2</b>	0,3%	0,8%	1,8%	1,0%	2,9%
<b>3</b>	0,2%	0,7%	1,3%	0,9%	2,3%
<b>4</b>	0,2%	0,6%	1,0%	0,8%	1,9%
<b>5</b>	0,2%	0,6%	0,8%	0,7%	1,5%
<b>6</b>	0,2%	0,5%	0,7%	0,6%	1,3%
<b>7</b>	0,1%	0,4%	0,6%	0,5%	1,1%
<b>8</b>	0,1%	0,4%	0,6%	0,5%	1,0%
<b>9</b>	0,1%	0,3%	0,5%	0,4%	0,8%
<b>10</b>	0,1%	0,2%	0,3%	0,2%	0,5%
<b>Ø</b>	0,1%	0,5%	0,7%	0,5%	1,2%
<b>Mittelwert der Personen mit negativer Nettowirkung des Ökobonus (% des Nettoeinkommens)</b>					
<b>1</b>	-0,5%	-1,4%	-2,1%	-4,1%	-4,1%
<b>2</b>	-0,4%	-1,4%	-1,5%	-2,5%	-2,7%
<b>3</b>	-0,3%	-1,4%	-1,4%	-4,7%	-3,2%
<b>4</b>	-0,3%	-1,3%	-1,2%	-3,8%	-2,9%
<b>5</b>	-0,3%	-1,2%	-1,2%	-3,4%	-2,5%
<b>6</b>	-0,3%	-1,3%	-1,1%	-3,3%	-2,7%
<b>7</b>	-0,2%	-1,1%	-1,1%	-2,7%	-2,3%
<b>8</b>	-0,2%	-1,1%	-1,0%	-2,8%	-2,3%
<b>9</b>	-0,2%	-1,0%	-1,0%	-2,6%	-2,2%
<b>10</b>	-0,1%	-0,7%	-0,8%	-2,4%	-2,0%
<b>Ø</b>	-0,2%	-1,1%	-1,0%	-2,8%	-2,3%

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

### 14.2.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es zwar auf der Ebene der Dezilwerte einen klaren fallenden Zusammenhang zwischen Nettowirkung des Ökobonus und Nettoäquivalenzeinkommen gibt, die Streuung innerhalb der Dezile jedoch relativ groß ist. Folgerichtig ergaben die Regressionsanalysen mit der unabhängigen Variable „Nettoäquivalenzeinkommen“ auch nur relative niedrige Werte des Bestimmtheitsmaßes  $R^2$  bezüglich des Energieverbrauchs (0,072) und der Nettowirkung des Ökobonus (0,110). Die dezilspezifische Aufteilung nach „Gewinnern“ (positive Nettowirkung) und „Verlierern“ (negative Nettowirkung) hat jedoch auch gezeigt, dass der Anteil der Verlierer in den unteren Dezilen relativ gering ist (1. Dezil: 8%, 2. Dezil: 13%), streng monoton über die Dezile ansteigt und erst im neunten (52%) und zehnten Dezil (62%) mehr als die Hälfte beträgt. Dabei bestehen Unterschiede zwischen den einzelnen Bereichen: Insbesondere in den Mobilitätsbereichen MIV (1. Dezil: 11%) und Flugzeug (1. Dezil: 4%) werden nur relativ wenige Haushalte belastet, während der Anteil der Verlierer mit etwa 30% in den Bereichen Haushaltsstrom und Wärme deutlich höher liegt. Je nachdem in welchem Bereich eine mit dem Ökobonus verbundene Internalisierung durchgeführt wird, stellt sich die Frage der Sozialverträglichkeit in den unteren Einkommensbereichen also in schärferer (Haushaltsstrom, Wärme) oder weniger scharfer Form (MIV, Flugzeug). Darauf, welche Möglichkeiten es zur Verbesserung der Sozialverträglichkeit gibt, sprich wie der Anteil der Haushalte mit negativen Nettowirkungen des Ökobonus in den unteren Dezilen verringert werden könnte, wird im folgenden Kapitel eingegangen.

## 14.3 Überlegungen zur Umsetzung

### 14.3.1 Überblick

Die vorliegende Arbeit befasste sich bislang mit der Feststellung der bestehenden Internalisierungslücken und den Auswirkungen der Internalisierung derselben. Die praktische Umsetzbarkeit wurde hingegen bislang noch nicht, beziehungsweise wenn dann nur am Rande, behandelt. Deswegen soll in diesem Kapitel auf diese eingegangen werden. Aufgrund der Komplexität dieser Frage wird dies jedoch nur in Form von grundlegenden Überlegungen und hauptsächlich am Beispiel einer steuerlichen beziehungsweise abgabenbasierten Umsetzung vorgenommen. Eine Lösung über handelbare Emissionsrechte wäre prinzipiell ebenfalls denkbar. Aufgrund der konsumseitigen Sichtweise dieser Arbeit und auch der Unterschiedlichkeit der betrachteten Umweltwirkungen wäre dies allerdings relativ kompliziert. Für Treibhausgasemissionen stellen sogenannte Personal Carbon Trading Systeme eine Möglichkeit dar. Ausführlicher vorgestellt werden solche Systeme beispielsweise in Duscha (2014) und Aache-ner Stiftung Kathy Beys (2008). Hinzu kommt, dass bei einer steuerlichen Umsetzung eine größere Sicherheit bezüglich der Einnahmeerzielung vorherrschen würde, was wiederum eine bessere Verknüpfung mit dem vorgestellten Konzept des Ökobonus ermöglicht. Schließlich lässt sich als weiterer Vorteil einer steuerlichen Lösung anbringen, dass eine solche durch die Ökosteuer-Reform von 1999 in

Deutschland bereits bekannt und erprobt ist und eine Verknüpfung einer CO<sub>2</sub>-Steuer (beziehungsweise Abgabe) mit dem Ökobonus-Konzept in der Schweiz bereits stattfindet.

In diesem Kapitel wird außerdem darauf eingegangen, welche Möglichkeiten – sowohl auf der Erhebungs- als auch auf der Auszahlungsseite – zur weiteren Verbesserung der sozialen Verträglichkeit der Internalisierung bestünde. Denn, wie die Auswertungen in Kapitel 14.2.5 zu den Ökobonus-Gewinnern und -Verlierern gezeigt haben, gibt es diese auch bei Einführung des Ökobonus nicht für alle Haushalte sichergestellt.

Im Folgenden wird nun zunächst auf der Erhebungsseite auf mögliche Instrumente zur Internalisierung beziehungsweise auf die Probleme derselben eingegangen. Danach werden einige Ideen darüber präsentiert, wie die Auszahlung des Ökobonus ausgestaltet sein könnte und schließlich werden Möglichkeiten zur weiteren Steigerung der sozialen Verträglichkeit vorgestellt.

### **14.3.2 Instrumente zur Internalisierung der externen Kosten**

Die Möglichkeiten und Probleme der Internalisierung externer Kosten unterscheiden sich je nach betrachtetem Energieträger und betrachteter Umweltwirkung. Deswegen wird bei den folgenden Überlegungen zu möglichen Internalisierungsinstrumenten zwischen diesen beiden Analysekategorien unterschieden.

Bei den Umweltwirkungen kann grundsätzlich zwischen globalen und lokalen Umweltwirkungen unterschieden werden. Bei dem durch die THG-Emissionen ausgelösten Klimawandel handelt es sich um eine globale Umweltwirkung. Das heißt, dass die Umweltwirkungen nicht direkt am Emissionsort, sondern überall auf der Welt auftreten können. Eine Unterscheidung nach dem Emissionsort würde also bei der Internalisierung keinen Mehrwert erbringen.<sup>166</sup> Zudem ist die Höhe der ausgelösten externen Kosten unabhängig vom Ort der Emission. Ganz anders sieht dies allerdings bei den anderen betrachteten externen Kosten aus. Bei den klassischen Luftschadstoffen und Lärm handelt es sich zu einem großen Teil um lokale Umweltwirkungen. Das bedeutet, dass die negativen Umweltwirkungen im direkten Umfeld der Emissionsquelle auftreten. Die betrachteten Luftschadstoffe verursachen dabei hauptsächlich Gesundheitsschäden (siehe Tab. 19). Bei lokalen Umweltwirkungen hat der Emissionsort also entscheidenden Einfluss auf die Höhe der externen Kosten, da von diesem die Anzahl der betroffenen Menschen abhängt.<sup>167</sup>

---

<sup>166</sup> Mit der Einschränkung, dass die Höhe der Emissionsquelle eine Rolle spielt. Deswegen wird bei Flugzeugen ein Emissionsgewichtungsfaktor (EGF) von 2 eingesetzt (siehe Kapitel 6.5.5).

<sup>167</sup> Siehe für eine sozialräumliche Analyse der verkehrsbedingten lokalen Umweltwirkungen durch Lärm und Luftschadstoffe beispielsweise Becker (2015).

Bei Strom und Fernwärme entstehen die Umweltwirkungen nicht bei den Konsumenten vor Ort, sondern bei der Energiegewinnung in den jeweiligen Kraftwerken.<sup>168</sup> Bei Strom wurden in dieser Arbeit die externen Kosten als Durchschnittswert über alle für die deutsche Stromproduktion eingesetzten Energieträger berechnet. Um effektive Preissignale zu setzen, müssen die Energieträger und Kraftwerke jedoch entsprechend ihrer jeweilig verursachten Emissionen besteuert werden. Da die THG-Emissionen pro erzeugter Kilowattstunde direkt – zumindest solange keine Carbon Capturing and Storage-Technologien eingesetzt werden – vom verwendeten Energieträger abhängig und zudem unabhängig vom Emissionsort sind, bietet sich für diese eine Internalisierung über eine auf dem THG-Gehalt beruhenden brennstoffspezifische CO<sub>2</sub>-Steuer an.<sup>169</sup> Bei den klassischen Luftschadstoffen ist die Lage komplizierter, da hier die jeweilige Kraftwerkstechnologie und Lage des Kraftwerks Auswirkungen auf die verursachten Emissionen und damit auch auf die externen Kosten hat. Hier müsste im Idealfall für jedes Kraftwerk ein eigener Steuersatz ermittelt werden. Für Großkraftwerke ist dies durchaus möglich. Bei kleineren Anlagen könnte dies jedoch zu einem relativ großen Verwaltungsaufwand und entsprechend hohen Kosten führen; insbesondere dann, wenn durch die Energiewende eine weitere Dezentralisierung der Stromerzeugung stattfindet. Ein pragmatischer Ansatz wäre es, Großkraftwerke einzeln zu überprüfen und dementsprechend spezifische Steuersätze pro kWh festzulegen und ab einer gewissen Größe energieträger- und technologiespezifische Durchschnittssteuersätze anzusetzen. Nun ist Deutschlands Stromnetz jedoch Teil des europäischen Stromnetzes. Idealerweise würden die Internalisierungsmaßnahmen deswegen nicht nur in Deutschland, sondern in der gesamten EU durchgeführt. Sollte dies nicht der Fall sein, so müsste auf importierten Strom ein seiner Erzeugungsart entsprechender Steuersatz erhoben werden, da sonst die inländischen Stromerzeuger benachteiligt würden und auch der gewünschte Lenkungseffekt verwässert würde. Dies würde aber voraussetzen, dass bei den Stromimporten genau bekannt ist, woher der Strom stammt und welche externen Kosten bei der Produktion entstanden sind.

Insbesondere bezogen auf die Internalisierung der externen Kosten von Luftschadstoffen ist das hier für den Strombereich grob skizzierte, an der Produktion ansetzende Konzept also sehr aufwendig und kompliziert. Deutlich weniger anspruchsvoll wäre es, die direkt vom Endverbraucher gezahlte Stromsteuer zu erhöhen. Die Stromsteuer beträgt in Deutschland momentan 2,05 Ct/kWh, würde sich durch die Internalisierung der in dieser Arbeit berechneten Internalisierungslücke von 8,78 Ct/kWh (siehe Kapitel 7.9.1) also auf 10,83 Ct/kWh etwa verfünffachen. Der Steuersatz könnte dann jedes Jahr entsprechend der durch den deutschen Stromverbrauch verursachten Emissionen und externen Kosten

<sup>168</sup> Für eine eingehendere Analyse möglicher weiterer Instrumente zur Internalisierung der externen Kosten im Strombereich siehe beispielsweise Longo und Markandya (2005: 18-27).

<sup>169</sup> Ausführungen zu einer CO<sub>2</sub>-Steuer sind beispielsweise in Sumner et al. (2011) zu finden.

angepasst werden. Anders als bei produktionskonzentrierten Ansatz zuvor, könnten bei dieser konsumorientierten Besteuerung Durchschnittswerte verwendet werden. Der große Vorteil liegt also in dem geringeren Aufwand. Allerdings gibt es einen sehr gravierenden Nachteil: Die Lenkungswirkung hin zur Nutzung umweltschonenderer Energieträger geht auf Ebene der Energieerzeuger komplett verloren. Mindestens bei der vergleichsweise einfacheren Internalisierung der externen Kosten durch THG sollte die brennstoffspezifische CO<sub>2</sub>-Steuer bevorzugt werden, die direkt bei der Energieerzeugung ansetzt. Bei den Luftschadstoffen sollte aufgrund ihrer schweren Erfassbarkeit neben Internalisierungsmaßnahmen auch über die Einführung strengerer Emissionsgrenzwerte mittels ordnungsrechtlicher Maßnahmen nachgedacht werden.

Im Wärmebereich sind die Konsumenten – abgesehen von Fernwärme und Strom – gleichzeitig auch die Produzenten: Die Konsumenten kaufen die jeweiligen Energieträger selbst ein und produzieren die Wärme dann vor Ort in ihren jeweiligen Heizungsanlagen. Zur Internalisierung der externen Kosten durch THG bietet sich im Wärmebereich (wie beim Strom) die Erhebung einer brennstoffspezifischen CO<sub>2</sub>-Steuer an, die beim Kauf der jeweiligen Brennstoffe zu entrichten ist. Deutlich größere Schwierigkeiten liegen erneut bei Luftschadstoffen vor. Wie beim Strombereich hängen auch hier die Emissionen neben dem Energieträger maßgeblich von der verwendeten Technologie, also der Heizungsanlage, ab. Außerdem verursachen die Luftschadstoffe zu einem großen Teil lokale Umweltwirkungen, womit die Höhe der verursachten externen Kosten vom Emissionsort abhängt. Zur passgenauesten Internalisierung der externen Kosten müssten also die genauen Emissionswerte jeder Heizungsanlage, deren Standort und die am jeweiligen Standort vorherrschenden externen Kostensätze pro Emissionseinheit bekannt sein. Daraus würde für jede Heizungsanlage dann ein spezifischer Kostensatz pro kWh errechnet, der dann pro Jahr (oder Monat) mit den verbrauchten Mengen multipliziert würde und dann von den Nutzern beziehungsweise Betreibern gezahlt werden muss. Die Datenanforderungen und der Verwaltungsaufwand für diese Art der Internalisierung wären enorm hoch. Alternativ könnten im Sinne einer Second-Best-Lösung die externen Kosten für Luftschadstoffe über brennstoffspezifische Durchschnittswerte internalisiert und damit in gleicher Weise wie die CO<sub>2</sub>-Steuer erhoben werden. Damit geht allerdings – wie beim Strombereich – ein Teil der Lenkungswirkung verloren. Um die externen Kosten auch „brennstoffintern“ zu optimieren, wäre es bei dieser Second-Best-Lösung deswegen auf jeden Fall anzuraten, zusätzlich mittels des Ordnungsrechts die Emissionsstandards der Heizungsanlage kontinuierlich zu überprüfen und gegebenenfalls entsprechend des technologischen Fortschritts zu verschärfen. Dies findet in Deutschland bereits heute mittels der Bundesimmissionsschutz-Verordnung (1. BImSchV; Deutscher Bundestag 01.01.2018a) und der Energieeinsparverordnung (ENEV; Deutscher Bundestag 28.10.2015) statt.



Im Mobilitätsbereich entspricht die Situation beim MIV weitgehend der Situation im Wärmebereich.<sup>170</sup> Auch hier sind Konsumenten und Produzenten identisch. Zur Internalisierung der THG-Emissionen bietet sich deswegen auch hier eine brennstoffspezifische CO<sub>2</sub>-Steuer an, die direkt von den Konsumenten beim Kauf der Kraftstoffe zu zahlen ist. „They [Anm. des Verfassers: fuel taxes] are an optimal instrument for internalising climate change costs (CO<sub>2</sub>)“, halten diesbezüglich auch van Essen et al. (2012: 41) fest. Für die lokalen Umweltwirkungen von Luftschadstoffen und Lärm ist die Situation jedoch noch komplizierter als bei der Wärme, da beim MIV die Emissionsquelle zusätzlich mobil ist, den Emissionsort also wechselt. Als Ideallösung hinsichtlich der Internalisierung dieser externen Kosten bietet sich deswegen nicht die Internalisierung über eine brennstoffspezifische Steuer, sondern ein fahrzeug-, orts- und fahrleistungsspezifisches Mautsystem an (van Essen et al. 2012: 41). Dies hielt auch der Wissenschaftliche Beirat beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung in einer Stellungnahme im Dezember 2009 bezogen auf die Internalisierung der externen Kosten des Straßengüterverkehrs fest. Konkret heißt es in der Stellungnahme, dass „eine Internalisierung über fahrleistungsabhängige Gebühren, die zudem situationsabhängig räumlich und zeitlich differenziert sind, [...] insbesondere bei den Kosten der Luftverschmutzung wie auch bei den Lärmkosten grundsätzlich sinnvoll [erscheint]“ (Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2010: 92). Die Höhe der Maut sollte also erstens nach den Emissionen des Fahrzeugs, zweitens nach dem Emissionsort (zum Beispiel nach der Bevölkerungsdichte) und drittens nach der Fahrleistung gestaffelt sein. Um eine möglichst große Lenkungswirkung zu entfalten, sollte das Mautsystem dabei bezüglich des Mautsatzes und der Erfassung der gefahrenen Strecke so feingliedrig wie möglich sein.<sup>171</sup>

Solange ein solches Mautsystem aufgrund mangelnder Technologie beziehungsweise zu hoher Kosten nicht realisiert werden kann, könnte als Second-Best-Lösung eine Internalisierung der lokalen Umweltwirkungen über die KFZ-Steuer ins Auge gefasst werden. Schon heute bemisst sich die KFZ-Steuer an der Umweltschädlichkeit: Sie hängt von den CO<sub>2</sub>-Emissionen, der Motorgröße und der EURO-Abgasnorm ab. Gleiches gilt für die geplante Infrastrukturabgabe, die ab dem Jahr 2019 gelten soll.<sup>172</sup> Allerdings hätte eine Internalisierung sowohl über die KFZ-Steuer als auch über die geplante Infrastrukturabgabe den großen Nachteil, dass sie unabhängig ist von der Fahrleistung und dem Emissionsort.

<sup>170</sup> Für eine ausführliche Darstellung weiterer möglicher Instrumente zur Internalisierung externer Kosten im Straßenverkehr siehe beispielsweise van Essen et al. (2012).

<sup>171</sup> Über ein Mautsystem könnten bei entsprechender Ausgestaltung theoretisch außerdem auch Staukosten internalisiert werden, in dem die Mautsätze mit dem Verkehrsaufkommen beziehungsweise Parametern, die die Staufahrt angeben, gekoppelt werden. Externe Staukosten werden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt, da verlässliche Kostensätze dazu nicht gefunden werden konnten.

<sup>172</sup> Oft auch als PKW-Maut bezeichnet. Zur Abgrenzung des vorgeschlagenen, deutlich differenzierteren Mautsystems wird hier jedoch die offizielle Bezeichnung „Infrastrukturabgabe“ verwendet. Nähere Informationen zur Infrastrukturabgabe sind beispielsweise in BMVI (2017) zu finden.

Dadurch gehen im Vergleich zu einem fahrleistungs- und ortsabhängigen Mautsystem wichtige Lenkungsimpulse verloren. Alternativ könnte auch eine pauschale, brennstoffbezogene Besteuerung entsprechend der CO<sub>2</sub>-Steuer in Betracht bezogen werden. Diese hätte gegenüber der Internalisierung mittels der KFZ-Steuer den Nachteil, dass sie bezüglich der Umweltschädlichkeit der Fahrzeuge nur auf Durchschnittswerten beruhen könnte, da beim Kauf der Kraftstoffe nicht überprüft wird, welche Emissionswerte das Fahrzeug aufweist. Sie hätte im Vergleich zur Internalisierung über die KFZ-Steuer allerdings den Vorteil, dass sie verbrauchsabhängig ist. Ein Problem bei einer Erhöhung der Kraftstoffbesteuerung – soweit sie nicht auch in den angrenzenden Ländern durchgeführt wird – stellt der sogenannte Tanktourismus dar, also das Tanken im billigeren Ausland. Im Grenzgebiet würden Steuererhöhungen auf Kraftstoffe voraussichtlich zu einer Erhöhung des Tanktourismus führen. Dies lässt sich, zumindest was den legalen Tanktourismus angeht, kaum verhindern. Um illegale Kraftstoffeinfuhren zu vermindern, könnte jedoch darüber nachgedacht werden, entsprechende stichprobenartige Grenzkontrollen durch den Zoll auszuweiten und die fälligen Strafzahlungen zu erhöhen.

Beim Luftverkehr ist die Ausgangslage etwas anders als beim MIV. Der im Bezug auf die externen Kosten entscheidende Unterschied ist, dass die lokalen Umweltwirkungen durch Luftschadstoffe und Lärm zum allergrößten Teil bei der Start- und Landephase (Landing and take-off, LTO) auftreten, insofern also lokal deutlich enger um den jeweiligen Flughafen eingrenzbar und damit einfacher berechenbar und erhebbar sind. Zur Internalisierung der lokalen Umweltwirkungen bietet sich deswegen eine flughafenspezifische Besteuerung an, die zum einen die jeweiligen lokalen Gegebenheiten und zum anderen die Spezifikationen des jeweiligen Flugzeugs berücksichtigt. In den Flughafengebühren (LTO-charges) an deutschen Flughäfen werden Lärm und Luftschadstoffe bereits teilweise berücksichtigt, so beispielsweise in Frankfurt und München (vgl. van Essen et al. 2012: 91-101; Fraport 2017). Allerdings gibt es hierfür noch keine gesetzliche Regelung. Um die lokalen externen Kosten möglichst zielgenau und umfassend zu internalisieren sollte eine nationale – besser natürlich noch internationale – Regelung geschaffen werden, die eine Methodik zur Berechnung der jeweiligen lokalen externen Kosten vorgibt. Die jeweils berechneten externen Kosten könnten dann entsprechend der derzeitigen Flughafengebühren auf den Ticketpreis aufgeschlagen werden. Eine weitere Möglichkeit wäre es, die bereits bestehende Luftverkehrsabgabe entsprechend umzugestalten. Sollte eine flughafenspezifische Berechnung nicht möglich sein, könnte die Luftverkehrsabgabe im Sinne einer Second-Best-Lösung auch in undifferenzierterer Art und Weise insgesamt erhöht werden.

Was die globalen externen Kosten des Flugverkehrs durch THG angeht, so bietet sich – wie bei Strom, Wärme und MIV – erneut die direkte Besteuerung des Energieträgers, also im Falle des Flugverkehrs des Kerosins, an. Allerdings ist dies aufgrund der Internationalität des Flugverkehrs mit einigen Problemen behaftet. So verbietet beispielsweise das Chicagoer Abkommen bei internationalen Flügen die

Besteuerung von bereits im Flugzeug befindlichem Kerosin. Jedoch verbietet es nicht die Besteuerung von Kerosin, das an deutschen Flughäfen getankt wird. Allerdings stehen dem derzeit teilweise bilaterale Abkommen entgegen (Köder und Burger 2016: 44). Das Umweltbundesamt hält jedoch fest: „Trotz der bestehenden Schwierigkeiten ist zur steuerlichen Gleichbehandlung der Verkehrsträger eine möglichst weiträumige – zumindest EU-weite – Kerosinsteuer anzustreben“ (Köder und Burger 2016: 44). Auf jeden Fall direkt umgesetzt werden könnte und sollte die Besteuerung von Kerosin für inländische Flüge.

Beim Flugverkehr sollte neben der Internalisierung der externen Kosten außerdem eine Subvention möglichst rasch abgebaut werden: die Mehrwertsteuerbefreiung von internationalen Flügen. Laut Umweltbundesamt lagen die Steuermindereinnahmen durch die Mehrwertsteuerbefreiung von internationalen Flügen im Jahr 2012 bei 4,763 Mrd. Euro (Köder und Burger 2016: 45). Dies stellt einen ungerechtfertigten Wettbewerbsvorteil des Flugverkehrs gegenüber den anderen Verkehrsmitteln dar, was insbesondere aufgrund der derzeit vorliegenden vergleichsweise hohen externen Kosten und Internalisierungslücke des Flugverkehrs (siehe Tab. 96) kritisch zu sehen ist. Dabei wäre mindestens eine EU-weite Lösung anzustreben. Dies wäre über eine Änderung der EU-Mehrwertsteuerrichtlinie möglich. Solange dies nicht möglich ist, schlägt das Umweltbundesamt als Second-Best-Lösung vor, „die Mehrwertsteuer nur für den innerdeutschen Anteil zu erheben“ (Köder und Burger 2016: 45).

Einen Sonderfall stellen die externen Kosten von Unfällen dar. Als externe Verkehrsunfallkosten wurden in dieser Arbeit ein Drittel der gesellschaftlichen Kosten von Verkehrsunfällen angesetzt, da angenommen wurde, dass die Verkehrsteilnehmer sich zwar durchaus der Gefahren der Nutzung von Verkehrsmittel bewusst sind, diese jedoch um ein Drittel unterschätzen (siehe Kapitel 9.7.1). Überträgt man diese Annahme auf alle Verkehrsteilnehmer, so würde dies bedeuten, dass alle Verkehrsteilnehmer in gleicher Weise für die Internalisierung herangezogen werden sollten, da alle das Risiko unterschätzen. Dies kann jedoch mindestens im Individualverkehr mit Recht kritisch hinterfragt werden, da das Fahrverhalten Einfluss auf die Unfallwahrscheinlichkeit hat und dies bei einer einheitlichen Internalisierung keine Berücksichtigung findet. Außerdem fände keine Differenzierung zwischen Unfallverursacher und Unfallopfer statt. Um diese Ungerechtigkeit zumindest abzumildern, könnte bei der Internalisierung der externen Verkehrsunfallkosten möglicherweise ein den Schadenfreiheitsklassen der KFZ-Versicherungen entsprechendes System eingesetzt werden. Es könnte beispielsweise über die KFZ-Steuer zunächst ein für alle gleicher Grundbetrag erhoben werden. Dieser sinkt ab, wenn keine Unfälle verursacht wurden, und steigt an, wenn Unfälle verursacht wurden. Allerdings wird die Sinnhaftigkeit einer solchen Internalisierung der externen Kosten von Straßenverkehrsunfällen durchaus kritisch gesehen. So hält beispielsweise der Wissenschaftliche Beirat beim Bundesminister für Verkehr,

Bau und Stadtentwicklung fest, dass „[e]xterne Unfallkosten [...] besser über ordnungsrechtliche Maßnahmen beziehungsweise die Behebung der Defizite im Versicherungssystem angesprochen werden [sollten]“ (Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2010: 92).

Zusammenfassend lässt sich bezüglich der Umsetzbarkeit der Internalisierung festhalten, dass diese im Bereich der THG relativ unproblematisch möglich ist, da es sich erstens um globale Umweltwirkungen handelt, die unabhängig sind vom Emissionsort und zweitens, da die THG-Emissionen zwar brennstoffspezifisch unterschiedlich sind, jedoch weitgehend unabhängig von der verwendeten Verbrennungstechnologie sind. Deswegen lassen sich die externen Kosten der THG effizient mit einer brennstoffspezifischen CO<sub>2</sub>-Steuer internalisieren. Allerdings gilt es auch hier einige Probleme zu lösen, beispielsweise wie mit Energieimporten (Stromimporte, Tanktourismus) umgegangen wird. Deutlich komplexere und aufwendigere Instrumente wären im Bereich der lokalen Umweltwirkungen notwendig, also bei den Luftschadstoffen und beim Lärm. Bei diesen sind die Umweltwirkungen und damit auch die externen Kosten sowohl vom Emissionsort als auch von der verwendeten Technologie (Heizungsanlage, Motor) abhängig. Eine effiziente Internalisierung müsste diese Aspekte ebenfalls berücksichtigen: Im Strom und Wärmebereich müsste theoretisch jede Erzeugungssanlage einzeln bewertet werden, beim MIV jedes Fahrzeug differenziert nach seiner Fahrtstrecke und beim Flugzeug jeder Flugzeugtyp (mindestens) differenziert nach seinem Start- und Landeflughafen. Alternativ zu diesen komplexen Lösungen könnten zunächst Second-Best-Lösungen umgesetzt werden, die entweder weniger differenziert sind (beispielsweise über verallgemeinernde Annahmen bezüglich der Energieerzeugungsanlagen und/oder des Emissionsorts), oder aber über eine brennstoffspezifische steuerliche Lösung entsprechend der CO<sub>2</sub>-Steuer, die direkt an den jeweiligen Brennstoffen ansetzt. Bei diesen Second-Best-Lösungen ginge aber natürlich ein Teil der Lenkungswirkung verloren. In Tab. 151 werden die hier angestellten Überlegungen zu den Internalisierungsinstrumenten noch einmal zusammengefasst dargestellt. Dabei gilt bei allen vorgeschlagenen Instrumenten, dass eine möglichst umfassende internationale Lösung immer anzustreben ist, weil es die effizienteste Lösung darstellt und dadurch viele Probleme vermieden würden. Sind jedoch auf internationaler oder auf europäischer Ebene keine Einigungen möglich, so sollten nationale Lösungen umgesetzt werden, die dann natürlich die dadurch entstehenden Probleme berücksichtigen sollten.

Insgesamt muss bezüglich dieses Kapitels festgehalten werden, dass es sich nur um erste Überlegungen handelt. Eine umfassende Analyse bezüglich der konkreten Umsetzung der Internalisierung war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich und stellt ein zukünftiges Forschungsziel dar.

Tab. 151: Übersicht zu möglichen Internalisierungsinstrumenten

Umweltwirkung Energieträger	Globale Umweltwirkungen (zum Beispiel THG)	Lokale Umweltwirkungen (Luftschadstoffe zum Beispiel NO <sub>x</sub> , Feinstaub / Lärm)
<b>Strom (inkl. Fern- wärme)</b>	brennstoffspezifische CO <sub>2</sub> -Steuer  Problem: Stromimporte  Second-Best: Stromsteuer	Stromerzeugungsanlagen spezifische Internalisierung  Problem: sehr aufwendig  Second-Best: Stromsteuer
<b>Wärme (ohne Strom und Fernwärme)</b>	brennstoffspezifische CO <sub>2</sub> -Steuer	Heizungsanlagen spezifische Internalisierung  Problem: sehr aufwendig  Second-Best: brennstoffspezifische Luftschad- stoffsteuer
<b>MIV</b>	brennstoffspezifische CO <sub>2</sub> -Steuer  Problem: Tanktourismus	fahrzeug-, orts- und fahrleistungsspezifisches Mautsystem  Problem: sehr aufwendig  Second-Best: KFZ-Steuer / Infrastrukturabgabe oder brennstoffspezifische Luftschadstoffsteuer
<b>Flugzeug</b>	brennstoffspezifische CO <sub>2</sub> -Steuer  Problem: internationaler Flugverkehr (Abkommen)	Flughafenspezifische Internalisierung über Flughafengebühr oder Luftverkehrsabgabe  Problem: sehr aufwendig  Second best: undifferenzierte Erhöhung der Luftverkehrsabgabe

Quellen: eigene Darstellung

### 14.3.3 Ausgestaltung des Ökobonus

In der vorliegenden Arbeit wird der Ökobonus als Instrument zur Verwendung der Internalisierungseinnahmen vorgeschlagen. Wie die Auswertungen gezeigt haben, würde durch den Ökobonus unter den getroffenen Annahmen die in der Bruttoperspektive festgestellte regressive Belastungswirkung der Internalisierung in eine progressive Nettoverteilungswirkung umgewandelt: Ärmere Haushalte

würden bei einer Internalisierung und anschließender Rückverteilung der Einnahmen mittels des Ökobonus profitieren, während reichere Haushalte belastet würden (siehe Kapitel 11.6). Natürlich sind auch andere Instrumente zur Einnahmenverwendung denkbar, der Ökobonus hebt sich jedoch durch seine Einfachheit und direkte Verknüpfung besonders hervor und birgt damit insbesondere für die Akzeptanz der Internalisierung innerhalb der Bevölkerung ein besonderes Potenzial (siehe Kapitel 5.3 und 5.5). In diesem Kapitel werden nun einige grundlegende Überlegungen bezüglich der Umsetzung des Ökobonus vorgestellt, beschränkt auf den Fall der nationalen Umsetzung in Deutschland.

Die Auszahlungshöhe des Ökobonus ergibt sich, wenn man die zur Verfügung stehenden Mittel (Einnahmen aus den Internalisierungsmaßnahmen) durch die Anzahl der Ökobonus-Empfänger teilt. Als Ökobonus-Empfänger sollten im Sinne eines möglichst umfassenden Ansatzes – zumal diese auch alle durch die Internalisierungsmaßnahmen belastet werden – alle in Deutschland wohnhaften Personen ausgewählt werden. Die gesamten Internalisierungseinnahmen, die in der kurzen Frist bei 619 €/P/a und damit bei etwa 50 Mrd. €/a liegen (siehe Kapitel 11.5.2), werden also durch die Bevölkerungszahl Deutschlands geteilt, wodurch sich annahmegemäß ein Ökobonus von 619 €/P/a ergibt.<sup>173</sup>

In der Schweiz wird der Ökobonus, wie in Kapitel 5.5 beschrieben, an alle in der Schweiz wohnhaften Personen gezahlt. Die Auszahlung erfolgt über die Krankenversicherer, da die obligatorische Krankenpflegeversicherung (OKP) in der Schweiz verpflichtend ist und die Krankenversicherungen damit über das aktuellste Adressverzeichnis verfügt. Der Ökobonus wird dabei direkt mit den Krankenkassenprämien verrechnet, jeder Schweizer bekommt jedoch eine genaue Abrechnung, in dem die Höhe des Ökobonus genau ersichtlich ist.

In Deutschland gibt es ebenfalls eine allgemeine Krankenversicherungspflicht (§193 VVG; Deutscher Bundestag 23.02.2018). Auch in Deutschland wäre also eine Auszahlung über die Krankenversicherer möglich. Die wenigen Ausnahmen von der Krankenversicherungspflicht beziehen sich auf Personen, die Leistungsempfänger verschiedener staatlicher Hilfen sind, beispielsweise von Sozialleistungen oder Leistungen nach dem Asylbewerberleistungsgesetz. Für diesen Personenkreis könnte der Ökobonus alternativ zusammen mit den anderen Sozialleistungen ausgezahlt werden. Personen, die hingegen unberechtigtweise nicht ihrer Krankenversicherungspflicht nachgekommen sind, hätten durch die Auszahlung des Ökobonus über die Krankenkassen einen Anreiz diesen Umstand zu ändern. Eine Ver-

---

<sup>173</sup> Wenn sie von den Internalisierungsmaßnahmen betroffene Güter oder Dienstleistungen in Deutschland kaufen, würden außerdem auch nicht in Deutschland wohnhafte Ausländer durch die Internalisierung belastet. Es gilt also auf Seiten der Einnahmeerzielung das Inlandskonzept, während auf der Auszahlungsseite das Inländerkonzept angewendet wird. Diese Differenz lässt sich aber bei einer allein nationalen Umsetzung nicht auflösen. Es ist aber anzunehmen, dass dieser Umstand dafür sorgt, dass die finanzielle Belastung für die Inländer etwas geringer ausfällt, als der Ökobonus. Über das genaue Ausmaß dieses Überschusses können an dieser Stelle jedoch keine Aussagen getroffen werden.

teilung des Ökobonus mittels der Steuerbescheide bietet sich hingegen nicht an, da nicht alle Einwohner Steuerbescheide erhalten. Eine andere Möglichkeit zur Verteilung des Ökobonus böte das (Einwohner-)Melderegister. Allerdings gibt es in Deutschland kein zentrales Bundesmelderegister, sondern „nur“ zentrale Melderegister auf Bundesländerebene. Etwaige Dopplungen und „Karteileichen“ sind im Melderegister also nicht auszuschließen. Die Ausschüttung des Ökobonus über die Krankenversicherung erscheint also auch für Deutschland als die sinnvollste Lösung. Der Ökobonus würde dabei pro Versichertem – egal ob Beitragszahler oder kostenfrei mitversichert – ausbezahlt und könnte entweder – wie in der Schweiz – direkt mit der Versicherungsprämie verrechnet oder – um den Ökobonus noch sichtbarer zu machen – direkt auf das Konto des Versicherten überwiesen werden. Da die Beitragszahlungen bei den gesetzlichen Krankenversicherungen jedoch – abgesehen von den freiwillig Versicherten – direkt an die Lohnzahlungen gekoppelt sind, müssten zur Auszahlung des Ökobonus noch die Kontodaten der gesetzlich Krankenversicherten erfragt werden.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass ein ausführliches Konzept zur Auszahlung des Ökobonus noch erarbeitet werden müsste, die Auszahlung des Ökobonus jedoch aller Voraussicht nach entweder über die Krankenkassen oder die Melderegister mit relativ geringem Verwaltungsaufwand organisiert werden könnte.

#### **14.3.4 Möglichkeiten zur Verbesserung der Sozialverträglichkeit**

Die dezilspezifischen Auswertungen zu den Anteilen von Gewinnern und Verlieren des Ökobonus in Kapitel 14.2.5 haben gezeigt, dass auch in den unteren Dezilen ein Teil der Haushalte von negativen Nettowirkungen betroffen wäre. Was könnte getan werden, um die Sozialverträglichkeit für diese Haushalte zu verbessern? Prinzipiell gibt es dafür innerhalb der Logik dieser Arbeit zwei mögliche Herangehensweisen: Erstens, man passt die Art der Internalisierung an oder zweitens, man ändert die Art der Einnahmenverwendung. Auf beide Möglichkeiten wurde bereits im Rahmen des Forschungsstands eingegangen (Kapitel 5.2 und 5.3). Nun werden die eigenen Ergebnisse vor dem Hintergrund der dort präsentierten Möglichkeiten diskutiert.

Auf der Seite der Internalisierungsseite (Kapitel 5.2) könnte beispielsweise ein Grundfreibetrag des Energieverbrauchs eingeführt werden, der von der Internalisierung ausgeschlossen ist. Da hier jedoch die Personen mit negativen Nettowirkungen des Ökobonus im Fokus stehen, würde dies zwar zu einer Reduzierung der durchschnittlichen Belastung für diese Personen führen, an der grundsätzlichen Problematik, dass ein Teil der armen Personen belastet würde, ändert dies jedoch nichts. Denn für Personen mit negativen Nettowirkungen des Ökobonus gilt, dass diese (fast immer) einen überdurchschnitt-

lichen Energieverbrauch aufweisen und damit auch bei einem Grundfreibetrag weiterhin belastet würden.<sup>174</sup> Sogar kontraproduktive Wirkungen bezüglich der Sozialverträglichkeit innerhalb der Gruppe der „Verlierer“ hätte deswegen die Einführung von progressiven Steuertarifen, da diese überdurchschnittliche Verbräuche in besonderem Maße belasten würde.<sup>175</sup> Aus Verteilungsgesichtspunkten wirksam könnte hingegen die gezielte Einführung von ermäßigten Steuersätzen für bestimmte Einsatzzwecke beziehungsweise Verbrauchergruppen sein. Voraussetzung wäre, dass dieser Einsatzzweck beziehungsweise diese Verbrauchergruppe überproportional von ärmeren Haushalte in Anspruch genommen wird, die bislang zu den Verlierern zählen. Mögliche Beispiele wären hier die Einführung von reduzierten Steuersätzen bei elektrischen Nachtspeicheröfen, wie dies beispielsweise in Deutschland von 2003 bis 2007 der Fall war (EEA 2011: 17-19). Andersherum wäre es natürlich auch möglich, nur in solchen Energiebereichen zu internalisieren, in denen kaum ärmere Haushalte betroffen sind. Laut der eigenen Berechnungen träfe dies vor allem auf die Mobilitätsbereiche MIV und Flugzeug zu, während vor diesem Hintergrund von Internalisierungen in den Bereichen Haushaltsstrom und Wärme Abstand genommen werden sollte.

Allerdings haben auf der Erhebungsseite alle von der reinen Orientierung an den externen Kosten abweichende Maßnahmen das Problem, dass sie aus wohlfahrtstheoretischer Sicht die Effizienz und die ökologische Wirksamkeit der Internalisierung negativ beeinflussen. Denn sie führen zu einer unvollständigen Internalisierung und schaffen – je nach Ausgestaltung in unterschiedlicher Form – zu falschen Anreizwirkungen.

Deswegen sind aus Sicht einer möglichst effizienten Internalisierung der externen Effekte Änderungen auf der Einnahmeverwendungsseite solchen auf der Erhebungsseite vorzuziehen. Wie bereits in Kapitel 5.3 und 5.4 beschrieben, stellt der Ökobonus nur eine von verschiedenen Möglichkeiten des sogenannten „Einnahmerecyclings“ dar. Natürlich sind auch andere Instrumente vorstell- und umsetzbar, die teilweise noch stärker umverteilende Effekte hätten als der Ökobonus. Denkbar wäre beispielsweise die Reduzierung der Lohnnebenkosten, wie dies im Rahmen der ökologischen Steuerreform in Deutschland mit der Senkung der Rentenbeiträge der Fall war. Allerdings sind auch hier die konkreten Verteilungswirkungen vielschichtig, so dass nicht sichergestellt wäre, dass eine solche Maßnahme zu progressiven Nettoverteilungswirkungen führe würde. Im Gegenteil: Die in Kapitel 5.4.1 präsentierten

---

<sup>174</sup> Fast immer deswegen, weil beim Heizen und dem MIV auch die Art des Energieträgers zu Unterschieden bei der Nettowirkung führen kann.

<sup>175</sup> Voraussichtlich deswegen, da es je nach Ausgestaltung der Progressivität sein könnte, dass insbesondere reiche Haushalte negativ davon betroffen würden, da diese auch bei der alleinigen Betrachtung der „Verliererseite“ deutlich höhere Werte bezüglich der mittleren Belastung aufweisen (siehe Tab. 149) als ärmere Haushalte. Würde man die Progression also so ausgestalten, dass allein sehr hohe Verbräuche zusätzlich belastet werden, könnte dies dafür sorgen, dass ein geringerer Prozentsatz der armen Haushalte negativ betroffen ist, diese dann aber vorraussichtlich in noch stärkerem Umfang.



Auswertungen von Stefan Bach (2009) bezüglich der Nettoverteilungswirkungen der Ökosteuer-Reform ergab tendenziell regressive Verteilungswirkungen. Denkbar ist natürlich auch, dass die Internalisierungsmaßnahmen komplett für Zwecke der Verringerung der Ungleichheit eingesetzt werden. Möglich wäre beispielsweise eine Einkommenssteuerreform, von der tatsächlich allein die unteren Einkommen profitieren würden und die oberen Einkommen nicht (zum Beispiel Erhöhung des Freibetrags bei gleichzeitiger Erhöhung der Progressivität des Steuersatzes). Dies könnte man verknüpfen mit einer Erhöhung der Hartz-IV- und entsprechender Sätze der Sozial- und Arbeitslosenhilfe. Dies würde aller Voraussicht nach zu deutlich progressiveren Verteilungswirkungen führen als der Ökobonus. Jedoch stellt sich die Frage, ob solche Maßnahmen eine ausreichend hohe gesellschaftliche Akzeptanz besitzen und sich dafür politische Mehrheiten finden lassen. Dies lässt sich insofern bezweifeln, als dass solche Maßnahmen auch jetzt bereits durchgeführt werden könnten, dies jedoch nicht geschieht. Dies ist beim Ökobonus deswegen anders, weil dieser aus sich selbst heraus keinen eigenen Verwendungszweck definiert, sondern allein die gleichmäßige Rückverteilung der erzielten Einnahmen zum Ziel hat. Die sozialen Verteilungswirkungen der Nettowirkung des Ökobonus sind also insofern nicht vom Staat gesteuert, sondern ergeben sich allein daraus, wie viel jeder Einzelne an externen Kosten verursacht. Damit wird der gegen eine Internalisierung möglicherweise vorgebrachte Vorwurf, dass diese nur zum Zwecke der Einnahmeerzielung geschieht und die Einnahmen dann einem anderen Zweck – welcher auch immer dies sein mag – zugeführt werden, entkräftet. Dass im Durchschnitt, wie die vorliegenden Berechnungen zeigen, ärmere Haushalte in der Nettoperspektive von Internalisierung und Ökobonus profitieren und reichere Haushalte belastet werden, ist dann im Sinne der Verursachung der externen Kosten nur gerecht und ergibt sich nicht aus einem ausgewiesenen Ziel der Verringerung der Ungleichheit.

Trotzdem stellt sich natürlich aus sozialpolitischer Sicht die Frage, wie das vorliegende Problem der Sozialverträglichkeit bei Einsatz des Ökobonus vermindert werden kann. Dazu bieten insbesondere solche Maßnahmen großes Potenzial, die ärmeren Haushalten die Möglichkeit eröffnen, ihren Energieverbrauch zu senken beziehungsweise auf umweltfreundlichere Energieträger umzusteigen. Ein aktuelles Beispiel für eine solche Maßnahme stellt der sogenannte „Stromspar-Check“ (Dünnhoff et al. 2010) dar, bei dem es sich um ein vom BMUB gefördertes und gemeinsam von Caritas und dem Bundesverband der Energie- und Klimaschutzagenturen Deutschland e.V. durchgeführtes Verbundprojekt handelt.<sup>176</sup> Bei diesem können einkommensschwache Haushalte kostenlos eine Energieberatung in Anspruch nehmen. Darauf beruhend können anschließend sogenannte „Soforthilfen“ für stromeinsparende Artikel (zum Beispiel für Energiesparlampen/LEDs, schaltbare Steckdosenleisten, Zeitschaltuhren, wassersparende Duschköpfe oder Kühlschrankschrankthermometer) beantragt werden. Außerdem ist es

<sup>176</sup> Weitere Informationen sind auch auf folgender Internetseite zu finden: [www.stromspar-check.de](http://www.stromspar-check.de) ; letzter Zugriff: 15.08.2017.

möglich für die Anschaffung eines energieeffizienten Kühlschranks einen Zuschuss von 150 Euro zu erhalten. Laut einer Evaluation des Forschungszentrums für Umweltpolitik (FFU Berlin) der Freien Universität Berlin (FU Berlin) hat der Stromspar-Check im Zeitraum 2008 bis 2010 in den beratenen Haushalten durchschnittlich zu Stromeinsparungen in Höhe von 14% geführt (Tews 2012: 19). Solche und ähnliche Angebote (zum Beispiel zur energetischen Modernisierung), die speziell auf einkommensschwache Haushalte zugeschnitten sind, könnten wirksam dazu beitragen, dass die negativen Nettowirkungen der Internalisierung beziehungsweise des Ökobonus in den unteren Einkommensbereichen mindestens geringer ausfallen und gleichzeitig zu einer Verbesserung im Bereich der Umweltbelastung führen. Natürlich stellt sich dabei auch die Frage nach der Finanzierung solcher Maßnahmen. Sollen die Einnahmen aus der Internalisierung alle Kosten abdecken, so müsste sich der Ökobonus um die Kosten der anderen Maßnahmen reduzieren.<sup>177</sup> Die jährlichen Einnahmen durch die hier vorgeschlagene Internalisierung aller betrachteten Bereiche liegen in der kurzen Frist bei etwa 50 Mrd. € (siehe Kapitel 11.5.2). Würden 20% davon zur Einführung von einkommensschwachen Haushalten unterstützenden Maßnahmen reserviert, ergäbe dies ein Mittelvolumen von 10 Mrd. €. Allerdings würde dies natürlich auch zu einer Reduktion des Ökobonus um 20% führen und entsprechend negativere Nettowirkungen desselben hervorrufen. Um nicht die Akzeptanz der Internalisierung in der Bevölkerung zu gefährden, sollte deswegen erwogen werden, die unterstützenden sozialpolitischen Maßnahmen nicht aus den Einnahmen der Internalisierung, sondern aus dem allgemeinen Haushalt zu finanzieren.

Neben der Einführung der im Abschnitt zuvor beschriebenen unterstützenden Maßnahmen, bieten sich weitere Instrumente zur Verbesserung der Sozialverträglichkeit an. Bei Haushalten, die Hartz IV, Sozialhilfe und/oder Wohngeld empfangen, werden die Energiekosten zumindest zum Teil vom Staat übernommen. Die entsprechenden Sätze sollten bei einer Internalisierung der externen Kosten und damit einer Energiepreiserhöhung selbstverständlich direkt entsprechend angepasst werden. Damit könnte insbesondere in den Bereichen Strom und Wärme eine zusätzliche Belastung von armen Haushalten – mindestens teilweise – vermieden werden. Bei Wärme und Strom könnte außerdem überlegt werden, ob Sperrungen der Energieversorger nicht zumindest erschwert werden sollten. Dass solche Sperrungen durchaus ein relevantes Problem darstellen, zeigen Daten der Bundesnetzagentur: Demnach waren im Jahr 2015 331.272 Haushalte von einer Stromsperrung (Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt 2016: 197) und 43.626 Haushalte von einer Gassperrung betroffen (Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt 2016: 334).

Die negativen Auswirkungen der Internalisierung der externen Kosten auf die privaten Haushalte ließen sich zudem mit einer schrittweisen Einführung der Internalisierungsmaßnahmen abmildern.

---

<sup>177</sup> Dies wird beispielsweise in der Schweiz bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe praktiziert, wo etwa ein Drittel der Einnahmen in ein energetisches Gebäudesanierungsprogramm fließt (siehe Kapitel 5.5).

Dadurch erhielten die Haushalte mehr Zeit sich auf die sich verändernden Preisstrukturen einzustellen und könnten so ihre dann tatsächlich bei der letzten Stufe der Internalisierung auftretende Belastung senken. Damit sich einkommensschwache Haushalte Anpassungsreaktionen (sparsamere Haushaltsgeräte, effizientere Heizung, ...) jedoch überhaupt leisten können, sind die oben erwähnten, einkommensschwache Haushalte unterstützenden Maßnahmen von großer Bedeutung. Ansonsten droht eine Verschiebung der Belastung von reicheren zu ärmeren Haushalten, da die reicheren Haushalte über deutlich größere finanzielle Mittel zur Umsetzung der Anpassungsreaktionen verfügen.

Letzlich wird es sich wohl nicht vermeiden lassen, dass auch einige ärmere Haushalte von der Internalisierung negativ betroffen sein werden. Unter anderem mit den vorgeschlagenen Maßnahmen sollte aber versucht werden, die Zahl so gering wie möglich zu halten. Um extreme Härten zu vermeiden, könnte der Sozialstaat möglicherweise auch über Einzelfallentscheidungen unterstützend eingreifen. Solche besonderen Unterstützungen würden aber voraussetzen, dass die zusätzliche Belastung durch die Internalisierung glaubhaft dargestellt und außerdem ein Plan aufgestellt wird, wie der derzeitige Energieverbrauch und somit auch die Internalisierungsbelastung zukünftig verringert wird. Dementsprechend sollten die besonderen Unterstützungen zeitlich befristet sein, um so auch der Steuerungswirkung hin zu einer umweltfreundlicheren Konsumweise nicht länger als nötig im Wege zu stehen.

#### **14.3.5 Zusammenfassung**

Die Überlegungen zur Umsetzung der Internalisierung und des Ökobonus haben gezeigt, dass vor allem auf Seiten der Internalisierungsmaßnahmen einige ungeklärte Fragen und Probleme bestehen, insbesondere in Bezug auf die Internalisierung lokal auftretender externer Kosten. Eine umfassende Auseinandersetzung war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich und sollte in weiteren Forschungsarbeiten eruiert werden. Es liegen jedoch bereits zahlreiche Untersuchungen vor, die sich mit solchen Fragen auseinandersetzen (vgl. zum Beispiel Longo und Markandya 2005; Sumner et al. 2011; van Essen et al. 2012). Zudem zeigt beispielsweise die in der Schweiz bereits bestehende CO<sub>2</sub>-Lenkungsabgabe (siehe Kapitel 5.5), dass eine – auch allein nationale – Umsetzung möglich ist.

Die Auswertungen zu den dezilspezifischen Anteilen von Gewinnern und Verlieren des Ökobonus in Kapitel 14.2.5 haben deutlich gezeigt, dass auch in den unteren Dezilen ein Teil der Haushalte von negativen Nettowirkungen betroffen wäre. Voraussichtlich lässt sich dies auch durch zusätzliche Maßnahmen nicht komplett vermeiden. Allerdings kann der Anteil sicherlich reduziert werden. Eingriffe auf Erhebungsseite sorgen jedoch aus Sicht der Wohlfahrtsökonomik für eine sinkende Effizienz der Internalisierung. Deswegen sind Änderungen auf der Einnahmeverwendungsseite Änderungen auf der Erhebungsseite vorzuziehen. Neben dem hier zur Einnahmeverwendung gewählten Ökobonus sind natürlich viele andere Arten denkbar, die auch stärker umverteilende Wirkungen hätten, wie beispiel-

weise eine entsprechend ausgestaltete Einkommensteuerreform und Anhebung der Hartz-IV- und entsprechender Sätze der Sozial- und Arbeitslosenhilfe. Allerdings ist bei diesen anzuweifeln, dass deren Umsetzung die notwendige politische Mehrheit und gesellschaftliche Akzeptanz besitzen. Ein Umstand, der beim Ökobonus anders sein könnte, weil der Ökobonus aus sich selbst heraus noch keinen eigenen Verwendungszweck definiert, sondern allein die gleichmäßige Rückverteilung der erzielten Einnahmen zum Ziel hat. Die sozialen Verteilungswirkungen der Nettowirkung des Ökobonus sind also nicht vom Staat gesteuert, sondern ergeben sich allein daraus, wie viel jeder Einzelne an externen Kosten verursacht. Dieser Umstand, also dass die Internalisierung der externen Kosten den einzigen ausgewiesenen Zweck darstellt und die Rückverteilung pauschal erfolgt, macht den Ökobonus in gewisser Weise einzigartig und führt möglicherweise zu der notwendigen gesellschaftlichen Akzeptanz einer mit dem Ökobonus verknüpften Internalisierung der externen Kosten.

Nichtsdestotrotz sollten zur Verbesserung der sozialen Verträglichkeit weitere Maßnahmen durchgeführt werden. Besonderes Potenzial bieten dabei die Maßnahmen, die es ärmeren Haushalten ermöglichen ihre externen Kosten zu senken, also ihren Energieverbrauch zu senken oder auf umweltfreundlichere Energieträger umzusteigen. Weitere Maßnahmen bestehen beispielsweise in der Anpassung der Hartz-IV und Sozialhilfesätze an die gestiegenen Energiepreise und in der schrittweisen Einführung der Internalisierung. Durch die schrittweise Einführung würde den Haushalten mehr Zeit für Anpassungsreaktionen gegeben. Damit arme Haushalte diese Zeit auch nutzen können, sollten die erwähnten, arme Haushalte unterstützenden Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten möglichst schnell umgesetzt werden. Eine genauere Ausarbeitung solcher Maßnahmen sollte bei weiteren Forschungsarbeiten bezüglich der Umsetzung einer Internalisierung unbedingt Berücksichtigung finden.

## 15 Beantwortung der Forschungsfragen

### 15.1 Zentrale Forschungsfrage: Sozialverträglichkeit der Internalisierung

#### 15.1.1 Überblick

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Forschungsergebnisse zusammengefasst dargestellt. In Kapitel 15.1 werden die Erkenntnisse zur zentralen Forschungsfrage der Arbeit bezüglich der sozialen Verteilungswirkungen der Internalisierung der externen Kosten des Konsums vorgestellt. Im Anschluss werden in Kapitel 15.2 die Ergebnisse zu den untergeordneten Forschungsfragen in tabellarischer Form präsentiert.

Das zentrale, erkenntnisleitende Interesse dieser Arbeit war es herauszufinden, welche sozialen Verteilungswirkungen die Internalisierung der externen Kosten des Konsums in Deutschland hätte. Dabei wurde die zentrale Forschungsfrage in zwei Teilfragen aufgeteilt. In Teil a) werden die finanziellen Belastungswirkungen der Internalisierung ohne die Verwendung der Einnahmen (Bruttoperspektive), in Teil b) hingegen die Nettoverteilungswirkungen bei gleichzeitigem Einsatz des Ökobonus als Instrument der Einnahmenverwendung betrachtet. Die Ergebnisse der eigenen Berechnungen zu Teilfrage a) wurden bereits in Kapitel 11.5 und zu Teilfrage b) in Kapitel 11.6 präsentiert. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse zu den beiden Teilfragen noch einmal kurz vorgestellt und – basierend auf den Kapiteln 12 bis 14 – deren Aussagekraft kritisch eingeordnet.

**Tab. 152: Zentrale Forschungsfrage**

<b>ZENTRALE FORSCHUNGSFRAGE</b>	
<b>1. Welche sozialen Verteilungswirkungen hätte die Internalisierung der externen Kosten der Bereiche Strom, Wärme und Mobilität in Deutschland...</b>	
a) ohne die Berücksichtigung der Einnahmenverwendung? (Bruttoperspektive)	
b) bei Einsatz des Ökobonus? (Nettoperspektive)	

*Quelle: eigene Darstellung*

#### 15.1.2 Forschungsfrage 1a: Finanzielle Belastungswirkungen der Internalisierung

Durch die Internalisierung der festgestellten Internalisierungslücken (siehe Kapitel 10.7) würde jeder Einwohner in Deutschland pro Jahr in der kurzen Frist durchschnittlich mit 619 €/P/a belastet (siehe Kapitel 11.5.2).<sup>178</sup> Dabei steigt die absolute finanzielle Belastung streng monoton über die Dezile an

<sup>178</sup> Im Sinne einer besseren Übersichtlichkeit wird hier hauptsächlich auf die Ergebnisse der kurzen Frist eingegangen. Für Ergebnisse der langen Frist sei auf zum einen auf Kapitel 11.5.3. Zum anderen sind am Ende des vorliegenden Kapitels in Tab. 153 sowohl die Ergebnisse der kurzen als auch der langen Frist zusammengefasst dargestellt.

von 293 €/P/a im ersten Dezil auf 1.086 €/P/a im zehnten Dezil. Damit wäre das zehnte Dezil absolut betrachtet 3,7-mal stärker belastet als das erste Dezil. Dabei sind die einkommensspezifischen Unterschiede am größten beim Flugzeug: Hier steigen die finanziellen Belastungen über die Dezile streng monoton an von 18 €/P/a auf 330 €/P/a. Damit wäre das zehnte Dezil durch die Internalisierung der externen Kosten des Flugverkehrs 18,9-mal stärker belastet als das erste Dezil. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass gerade die Berechnungen im Flugbereich auf vielen Annahmen und einer teilweise schwierigen Datenlage beruhen und deswegen mit besonderer Vorsicht interpretiert werden sollten (siehe Kapitel 9.5.4.1). Auch in den Bereichen Haushaltsstrom, Wärme und MIV steigen die absoluten finanziellen Belastungen beinahe streng monoton über die Dezile an. Kleine Ausnahmen bilden beim Haushaltsstrom das sechste Dezil und bei der Wärme das siebte Dezil. Hier sind leichte Rückgänge im Vergleich zum vorherigen Dezil zu erkennen. Bei allen Bereichen liegt die absolute Belastung im zehnten Dezil jedoch deutlich höher als im ersten Dezil, wenn auch weniger stark als beim Flugzeug (MIV: 4,6-mal; Wärme: 1,8-mal; Haushaltsstrom: 1,5-mal).<sup>179</sup>

In der absoluten Perspektive zeigt sich also noch kein Problem bezüglich der sozialen Verträglichkeit. Das ändert sich jedoch, wenn man die finanziellen Belastungen in Relation zum Nettoeinkommen setzt und damit das gewöhnlicherweise für die Einschätzung der Frage der sozialen Verträglichkeit herangezogene Maß betrachtet. Hier kehrt sich das Bild beinahe komplett um: Zwar liegt kein streng monoton fallender Zusammenhang vor, aber es lässt sich eine eindeutig regressive Verteilungswirkung feststellen: So liegt die relative finanzielle Belastung in den Dezilen eins bis fünf zwischen 3,69% bis 3,90% und fällt danach streng monoton ab bis auf den minimalen Wert von 2,54% im zehnten Dezil. Das zehnte Dezil wäre im Vergleich zum ersten Dezil also deutlich weniger stark belastet (10./1. Dezil: 0,7). Dabei unterscheiden sich die einzelnen Bereiche recht stark voneinander: Beim Haushaltsstrom und der Wärme sind die Unterschiede besonders groß: Hier wäre das zehnte Dezil jeweils nur 0,3-mal so stark belastet wie das erste Dezil, oder andersherum ausgedrückt: Das erste Dezil würde etwa doppelt so stark belastet wie das zehnte Dezil. Sowohl beim Haushaltsstrom als auch bei der Wärme fällt die relative finanzielle Belastung streng monoton ab, mit der kleinen Ausnahme des sechsten Dezils bei der Wärme. Beim MIV sieht dies etwas anders aus: Hier steigt die relative Belastung vom ersten bis zum fünften Dezil zunächst an und fällt danach wieder ab. Durch eine Internalisierung der externen Kosten des MIV würde also vor allem die Mittelschicht belastet. Da der minimale Wert von 1,08% im zehnten

<sup>179</sup> Die bereichsspezifischen Unterschiede bei den Steigerungsraten über die Dezile haben natürlich auch Einfluss darauf, welchen Anteil die Bereiche an der finanziellen Gesamtbelastung einnehmen. Im ersten Dezil liegt der Wärmebereich mit einem Anteil von 37% an den finanziellen Gesamtbelastungen von 293 Euro auf dem ersten Platz, gefolgt vom MIV mit 34%, dem Haushaltsstrom mit 23% und dem Flugzeug mit 6%. Demgegenüber liegt im zehnten Dezil der MIV mit einem Anteil von 43% an den finanziellen Gesamtbelastungen von 1.086 Euro auf dem ersten Platz, gefolgt vom Flugzeug mit 30%, dem Wärmebereich mit 18% und dem Haushaltsstrom mit 9%. Dies wird vor allem durch die deutlich unterschiedlichen Energieverbrauchsanteile ausgelöst (siehe Kapitel 11.2.2).

Dezil vorliegt, würde dieses am wenigsten stark getroffen. Eine progressive Belastungswirkung lässt sich hingegen beim Flugverkehr feststellen. Zwar ist dieser nicht komplett eindeutig – so fällt die relative Belastung in den Dezilen zwei, fünf und sieben im Vergleich zum Vordezil jeweils leicht ab – insgesamt ist der Trend jedoch recht eindeutig: So würde das zehnte Dezil mit 0,77% durch die Internalisierung der festgestellten Internalisierungslücke des Flugverkehrs etwa 3,4-mal so stark belastet wie das erste Dezil (0,23%). Hauptsächlich ausgelöst werden diese bereichsspezifischen Unterschiede bezüglich der relativen Internalisierungsbelastungen durch die Unterschiede bei den Energieverbräuchen (siehe Kapitel 11.4).

Bislang wurden in diesem Kapitel aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Ergebnisse der kurzen Frist vorgestellt. Die Ergebnisse der langen Frist unterscheiden sich zwar im Ausmaß, jedoch nicht in der grundsätzlichen Aussage. Begründet sind die Unterschiede zwischen kurzer und langer Frist durch abweichende Annahmen bezüglich der Preiselastizitäten (siehe Kapitel 11.2). Diese unterschiedlichen Preiselastizitäten führen zu abweichenden Auswirkungen auf die Energieverbräuche (siehe Kapitel 11.4), was schließlich zu den Unterschieden bei den finanziellen Belastungen der Internalisierung führt. Da die Energienachfragen in der langen Frist etwas elastischer sind, sind die finanziellen Belastungen in der langen Frist mit durchschnittlich 2,74% etwas geringer als in der kurzen Frist (3,29%). Hier zeigt sich der gewünschte Lenkungseffekt einer Reduzierung der Energieverbräuche und externen Kosten, der in der langen Frist größer sein kann, da mehr Zeit zur Anpassung bleibt (z.B. des Ausstattungsbestands). Außerdem wird in der langen Frist angenommen, dass die Energienachfragen über die Dezile etwas elastischer werden, während in der kurzen Frist – bezogen auf die Dezile – konstante Preiselastizitäten angenommen werden. Das führt dazu, dass die Belastungswirkungen in der langen Frist etwas stärker regressiv sind als in der kurzen Frist: Während in der kurzen Frist das Verhältnis von zehntem zu erstem Dezil über alle Bereiche bei 0,7 lag, liegt es in der langen Frist bei 0,6. Wie bereits erwähnt, gelten die für die kurze Frist aufgezeigten grundsätzlichen Zusammenhänge jedoch auch in der langen Frist.

Die zentralen Berechnungsergebnisse zur Forschungsfrage 1a sind in tabellarischer und stichpunktartig ausformulierter Form in Tab. 153 aufgeführt. Grün eingefärbt sind in der Tabelle diejenigen Zellen, bei denen der jeweilige Dezilwert größer ist als der des vorherigen Dezils.

**Tab. 153: Ergebnisse zu Forschungsfrage 1a)**

<b>1a) Welche sozialen Verteilungswirkungen hätte die Internalisierung der externen Kosten in Deutschland ohne die Berücksichtigung der Einnahmenverwendung?</b>												
<b>Dezile</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>Ø</b>	<b>10/1</b>
<b>Kurze Frist</b>												
<b>Finanzielle Belastungen durch Internalisierung (€/P/a)</b>												
<b>HH-Strom</b>	67	68	72	74	77	77	81	82	85	100	78	1,5
<b>Wärme</b>	108	119	128	133	135	154	146	158	163	192	144	1,8
<b>MIV</b>	100	163	208	241	285	301	329	352	404	464	285	4,6
<b>Flugzeug</b>	18	20	63	74	83	98	105	149	186	330	113	18,9
<b>Gesamt</b>	293	370	471	522	580	630	661	741	837	1.086	619	3,7
<b>Relative finanzielle Belastungen durch Internalisierung (% des Nettoeinkommens)</b>												
<b>HH-Strom</b>	0,87%	0,67%	0,60%	0,53%	0,50%	0,44%	0,41%	0,37%	0,31%	0,23%	0,42%	0,3
<b>Wärme</b>	1,42%	1,19%	1,06%	0,96%	0,86%	0,89%	0,74%	0,71%	0,60%	0,45%	0,76%	0,3
<b>MIV</b>	1,31%	1,62%	1,72%	1,74%	1,83%	1,74%	1,68%	1,58%	1,50%	1,08%	1,51%	0,8
<b>Flugzeug</b>	0,23%	0,20%	0,52%	0,54%	0,53%	0,56%	0,53%	0,67%	0,69%	0,77%	0,60%	3,4
<b>Gesamt</b>	3,83%	3,69%	3,90%	3,77%	3,72%	3,63%	3,38%	3,31%	3,11%	2,54%	3,29%	0,7
<b>Lange Frist</b>												
<b>Finanzielle Belastungen durch Internalisierung (€/P/a)</b>												
<b>HH-Strom</b>	63	63	67	68	72	71	74	75	77	90	72	1,4
<b>Wärme</b>	101	109	116	118	118	132	124	132	134	156	125	1,5
<b>MIV</b>	82	132	169	194	226	238	258	274	308	351	225	4,3
<b>Flugzeug</b>	11	11	55	64	76	88	93	131	147	257	93	24,2
<b>Gesamt</b>	257	316	407	445	492	529	549	612	666	854	515	3,3
<b>Relative finanzielle Belastungen durch Internalisierung (% des Nettoeinkommens)</b>												
<b>HH-Strom</b>	0,83%	0,63%	0,56%	0,49%	0,46%	0,41%	0,38%	0,33%	0,28%	0,21%	0,38%	0,3
<b>Wärme</b>	1,32%	1,09%	0,96%	0,86%	0,76%	0,76%	0,63%	0,59%	0,50%	0,36%	0,66%	0,3
<b>MIV</b>	1,07%	1,32%	1,40%	1,41%	1,45%	1,37%	1,32%	1,23%	1,14%	0,82%	1,19%	0,8
<b>Flugzeug</b>	0,14%	0,11%	0,46%	0,46%	0,48%	0,51%	0,47%	0,59%	0,55%	0,60%	0,50%	4,3
<b>Gesamt</b>	3,35%	3,15%	3,37%	3,22%	3,15%	3,05%	2,80%	2,74%	2,48%	2,00%	2,74%	0,6
grüne Färbung: Wert größer als im vorherigen Dezil; Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung												
<b>Kurz zusammengefasst:</b>												
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beim Haushaltsstrom und der Wärme ist eine eindeutig regressive Belastungswirkung festzustellen.</li> <li>• Beim MIV würde insbesondere die Mittelschicht belastet. Da außerdem das zehnte Dezil am geringsten belastet würde, ist auch hier die soziale Verträglichkeit eher problematisch.</li> <li>• Beim Flugzeug herrscht hingegen eine progressive Belastungswirkung vor. Eine Internalisierung wäre hier also unproblematischer.</li> <li>• Setzt man die Internalisierung in allen Bereichen um, so hätte dies deutlich regressive Belastungswirkungen zur Folge.</li> </ul>												
<b>Ausführliche Erläuterungen und Quellenangaben siehe Kapitel 11.5.</b>												



### 15.1.3 Forschungsfrage 1b: Nettowirkungen des Ökobonus

Die Berechnungen zu den sozialen Verteilungswirkungen des Ökobonus beruhen auf zwei Annahmen: Erstens, dass alle Internalisierungen mittels Maßnahmen durchgeführt werden, die zu einer staatlichen Einnahmeerzielung in Höhe der bestehenden Internalisierungslücken führen. Dies wäre mittels Steuern und Abgaben möglich, wohingegen beispielsweise beim Emissionshandel die Höhe der staatlichen Einnahmen deutlich unsicherer wäre.<sup>180</sup> Zweitens wird angenommen, dass keinerlei Kosten für den Erhebungs- und Auszahlungsaufwand von den Internalisierungseinnahmen abgezogen werden, die Internalisierungseinnahmen also in voller Höhe ausbezahlt werden. Die durchschnittliche finanzielle Internalisierungsbelastung ist also per Annahme identisch mit dem durchschnittlich gezahlten Ökobonus. Natürlich würden durch die Internalisierungsmaßnahmen und die Auszahlung des Ökobonus Kosten entstehen. Im Sinne der Schaffung einer möglichst großen Akzeptanz für den Ökobonus in der Bevölkerung, wird hier aber dafür argumentiert, diese Kosten aus dem restlichen Staatshaushalt zu finanzieren.<sup>181</sup>

Welche Wirkung hat der Ökobonus? Das grundsätzliche Prinzip des Ökobonus ist es, dass ein für alle identischer Betrag an jeden Einwohner ausbezahlt wird, der den durchschnittlichen Einnahmen aus den Internalisierungsmaßnahmen entspricht. Dadurch werden diejenigen Einwohner durch die Einführung des Ökobonus zu Nettogewinnern, die in absoluten Beträgen unterdurchschnittlich stark durch die Internalisierung finanziellen belastet wurden und diejenigen Einwohner mit überdurchschnittlichen absoluten finanziellen Belastung werden zu Nettoverlierern. Da die finanziellen Internalisierungsbelastungen maßgeblich von den Energieverbräuchen abhängen (siehe Tab. 114), lässt sich dieser Zusammenhang etwas vereinfacht folgendermaßen formulieren: Wer unterdurchschnittlich viel Energie verbraucht, bekommt durch den Ökobonus mehr Geld als er für die Internalisierung bezahlt hat (positive Nettowirkung); wer hingegen überdurchschnittlich viel Energie verbraucht, muss für die Internalisierung mehr ausgeben, als er durch den Ökobonus zurückbekommt (negative Nettowirkung).

Was bedeutet das nun für die soziale Verträglichkeit der Internalisierung bei Einsatz des Ökobonus? Es bedeutet zunächst, dass bezüglich der Frage der Ausprägung der Verteilungswirkungen (regressiv/progressiv) nicht mehr die relativ zum Nettoeinkommen berechneten finanziellen Internalisierungsbelastungen entscheidend sind, sondern die absoluten Internalisierungsbelastungen. Und da bei diesen in der Gesamtbetrachtung – und mit wenigen Ausnahmen auch bei den einzelnen Bereichen – ein monoton steigender Verlauf über die Dezile festgestellt wurde (siehe Kapitel 15.1.2, Tab. 153), führt die

<sup>180</sup> Beim sogenannten „Grandfathering“, also der kostenlose Vergabe von Emissionsnutzungsrechten, hätte der Staat gar keine Einnahmen. Bei einer Versteigerungslösung würde die Menge der insgesamt ausgegebenen Emissionszertifikate, also die Knappheit der Emissionszertifikate den Preis und damit die Einnahmen maßgeblich bestimmen. Das dies durchaus problematisch sein kann, zeigt die Entwicklung des EU-ETS (siehe Kapitel 7.8.1.3).

<sup>181</sup> Wie hoch diese Kosten in etwa sind, ließ sich innerhalb dieser Arbeit nicht eruieren. Erste Überlegungen zu den möglichen Internalisierungsinstrumenten sind in Kapitel 14.3 zu finden.

Einführung des Ökobonus dazu, dass die Verteilungswirkungen klar progressiv sind. So fällt die Nettowirkung des Ökobonus vom ersten bis zum zehnten Dezil streng monoton ab (siehe Tab. 154).

Außerdem führt die Einbeziehung der Einnahmeverteilungsseite – also der Wechsel von der Brutto- zur Nettoperspektive – dazu, dass im Vergleich zur alleinigen Betrachtung der Internalisierung nun nicht mehr nur Belastungswirkungen, sondern auch positive Nettowirkungen auftreten. Während in der Bruttoperspektive also alle Personen – mehr oder weniger stark – belastet werden, gibt es in der Nettoperspektive Gewinner und Verlierer. Die Auswertungen zeigen, dass bei Einsatz des Ökobonus zur Einnahmeverwendung in der über alle Bereiche aggregierten Sichtweite sowohl in der kurzen als auch der langen Frist die Dezile eins bis fünf zu den Gewinnern zählen würden. Dabei fällt die Nettowirkung in der kurzen Frist von maximal 4,26% des Nettoeinkommens im ersten Dezil streng monoton bis auf 0,25% im fünften Dezil. Die Dezile sechs bis zehn weisen hingegen negative Nettowirkungen auf. Sie fallen in der kurzen Frist streng monoton von -0,06% des Nettoeinkommens bis auf -1,09% im zehnten Dezil. In der langen Frist liegen sowohl die Nettogewinne (1. Dezil: 3,38%) als auch die Nettoverluste (10. Dezil: -0,79%) etwas niedriger, da durch die unterstellten elastischeren Energienachfragen die Energieverbräuche stärker gesunken sind als in der kurzen Frist.

Es kann also festgehalten werden, dass durch die vollständige Auszahlung der Internalisierungseinnahmen mittels des Ökobonus in der Nettoperspektive sowohl in der kurzen als auch der langen Frist ein Umverteilungseffekt von oben nach unten ausgelöst würde. Das gilt dabei sowohl in der Gesamtbeurteilung als auch bei der Betrachtung der einzelnen Bereiche. Eine Aufteilung der Dezile in Gewinner und Verlierer zeigt, dass beim Flugverkehr alleine die Dezile acht bis zehn negative Nettowirkungen erdulden müssten. Es folgt der Haushaltsstrom, bei dem die Dezile sieben bis zehn belastet würden; die Wärme, bei dem die Dezile sechs bis zehn Dezil (Ausnahme: 7. Dezil in der langen Frist) und schließlich der MIV, bei dem die Dezile fünf bis zehn belastet würden. Dabei hätte der Ökobonus die stärksten Umverteilungswirkungen beim MIV. In der kurzen Frist liegt die Spannweite der Nettowirkung des Ökobonus zwischen erstem und zehntem Dezil beim MIV bei 363 €/P/a (lange Frist: 270 €/P/a), dicht gefolgt vom Flugzeug mit einer Spannweite von 313 €/P/a (246 €/P/a). Mit deutlichem Abstand folgen die Wärme mit einer Spannweite von 84 €/P/a (55 €/P/a) und schließlich der Haushaltsstrom mit 33 €/P/a (27 €/P/a). Auch bei separater Betrachtung der einzelnen Bereiche, sind beim Haushaltsstrom die progressiven Verteilungswirkungen am schwächsten ausgeprägt. Eine auf Basis der Stromausgabenanteile des SOEP vorgenommene Szenariorechnung zeigte außerdem, dass bei Verwendung der Stromausgabenanteile des SOEP zwar immer noch eine grundsätzlich progressive Nettowirkung des Ökobonus bestehen bleibt, diese jedoch noch schwächer ausgeprägt ist und dass gerade das erste Dezil – als einziges der unteren sechs Dezile – nun mit einer, wenn auch sehr geringen, Nettobelastung von 2 €/P/a zu rechnen hätte (siehe Kapitel 13.2.3). In den anderen Bereichen (Wärme, MIV, Flugzeug) sind

die progressiven Zusammenhänge deutlich stärker, insofern also auch nicht so anfällig für mögliche Unsicherheiten bei der Berechnung.

Für die Gesamtbetrachtung bleibt festzuhalten, dass die maximalen durchschnittlichen Belastungen auf Dezilebene von 1,09% des Nettoeinkommens (lange Frist: 0,79%) für das einkommensstärkste zehnte Dezil als zwar spürbar, aber nicht untragbar hoch erscheint. Dahingegen ist der Nettogewinn von 4,26% (3,38%) für das einkommensschwächste erste Dezil als durchaus relevant einzustufen.

Die zentralen Berechnungsergebnisse zur Forschungsfrage 1b sind in Tab. 154 in tabellarischer und stichpunktartig ausformulierter Form noch einmal zusammengefasst dargestellt. Nettogewinne (positive Werte) sind in der Tabelle grün und Nettobelastungen (negative Werte) rot eingefärbt.



#### 15.1.4 Einordnung und Diskussion der Ergebnisse

Die in den Kapiteln 15.1.2 und 15.1.3 präsentierten Ergebnisse zur zentralen Forschungsfrage basieren auf einer Vielzahl verwendeter Datenquellen und Rechenschritte (siehe Kapitel 6). Die Vielzahl der verwendeten Quellen und der jeweils dahinterstehenden Annahmen und Methoden schränken die Genauigkeit der in dieser Arbeit berechneten Ergebnisse und damit auch deren Aussagekraft notwendigerweise ein. Auf diese Einschränkungen wird zum einen bereits in den jeweiligen Berechnungskapiteln verwiesen, zum anderen wird darauf in konzentrierter Form in Kapitel 14.1 eingegangen. Die wichtigsten Einschränkungen werden im Folgenden noch einmal kurz zusammengefasst und bezüglich ihrer Auswirkung auf die Aussagekraft der Ergebnisse dieser Arbeit eingeordnet.

Als erste Einschränkung bezüglich der Genauigkeit der berechneten Ergebnisse sind die stichprobenbedingten Fehler der EVS und der MiD2008 zu nennen (siehe Kapitel 14.1.2). Verhältnismäßig große relative Standardfehler zeigen sich dabei insbesondere auf der Ebene der einzelnen Energieträger im Wärmebereich (niedrige Aggregationsstufe) und beim Flugverkehr (siehe Tab. 135). In beiden Fällen werden diese durch niedrige Fallzahlen (Ausgaben  $> 0$ , siehe Tab. 136) ausgelöst. In diesen Bereichen müssen die Ergebnisse deshalb mit größerer Vorsicht interpretiert werden. Als Anhaltspunkt für die durch den stichprobenbedingten Fehler ausgelösten Unsicherheiten können die Konfidenzintervalle (95%) herangezogen werden. Diese zeigen, dass der stichprobenbedingten Fehler der EVS zwar durchaus – ob positive oder negative bleibt notwendigerweise unklar – Auswirkungen auf die Stärke der Progressivität der Verteilungswirkung der Nettowirkung des Ökobonus hat, diese aber nicht grundsätzlich in Frage stellt (siehe Tab. 139).

Als zweite Einschränkung müssen die bei den weiteren Berechnungsschritten auftretenden Unsicherheiten genannt werden. Diese lassen sich jedoch in Ermangelung der dafür notwendigen Daten anders als der stichprobenbedingte Fehler der EVS nicht genau beziffern, weswegen diese nur in Form von theoretischen Überlegungen beschrieben werden kann. In ausführlicher Form wird auf die bei den einzelnen Schritten auftretenden Probleme in Kapitel 14.1.3 eingegangen. Dabei besitzen insbesondere die Einstufung nach der ökonomischen Leistungsfähigkeit (siehe Kapitel 14.1.3.2) und die Umrechnung von Ausgaben zu Verbräuchen (siehe Kapitel 14.1.3.3) das Potenzial, die Richtung der Verteilungswirkung des Ökobonus von progressiv auf regressiv zu ändern. Diese beiden Schritte sind zur Berechnung der einkommensspezifischen Verbräuche notwendig, die wiederum hauptsächlich für die Richtung der Verteilungswirkung des Ökobonus verantwortlich sind: Steigt der Verbrauch mit den Einkommen, so liegen progressive Verteilungswirkungen vor; sinkt er, so sind sie regressiv (siehe Tab. 114). Aufgrund dieses Potenzials zur Richtungsänderung der Verteilungswirkung, wird auf diese beiden Schritte hier noch einmal kurz eingegangen.

Bezüglich der Einteilung der Haushalte nach deren ökonomischer Leistungsfähigkeit mittels des mit der modifizierten OECD-Skala berechneten Nettoäquivalenzeinkommens lässt sich im Rahmen dieser Arbeit allein festhalten, dass dies die derzeit gängige Methode in Deutschland und Europa darstellt (siehe Kapitel 14.1.3.2). In weiteren Forschungsarbeiten könnte jedoch überprüft werden, ob beispielsweise die Einbeziehung des Vermögens (integriertes Einkommen) oder die Wahl einer alternativen Äquivalenzskala zu abweichenden Ergebnissen führen würde.

Um die eigenen Berechnungen bezüglich der einkommensspezifischen Unterschiede beim Energieverbrauch – und damit indirekt auch die Umrechnungen von Ausgaben in Verbräuche – zu verifizieren, wurde ein Vergleich der selbst errechneten Verbräuche mit den Ergebnissen der Studie „Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland“ (Kleinhückelkotten et al. 2016) vorgenommen (siehe Kapitel 13.4). Der Vergleich ergab bezüglich der Energieverbräuche der einzelnen Einkommensklassen zwar durchaus Unterschiede, jedoch zeigen auch die Ergebnisse der Studie von Kleinhückelkotten et al. (2016) in den Bereichen Wärme, Haushaltsstrom und Mobilität – und damit auch für den Energieverbrauch insgesamt – jeweils streng monoton über die Einkommensklassen ansteigende Energieverbräuche (siehe Tab. 129). Grundsätzlich bestätigt der Vergleich also die eigenen Verbrauchsberechnungen, wobei der einkommensspezifische Unterschied bei den eigenen Berechnungen etwas größer ausfällt als bei Kleinhückelkotten et al. (2016). Der bei den eigenen Berechnungen festgestellte positive Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Nettoäquivalenzeinkommen scheint insofern also plausibel. Bezüglich des genauen Ausmaßes bestehen jedoch noch Unsicherheiten. Um diese Unsicherheiten zu reduzieren könnte beispielsweise eruiert werden, ob die EVS um eine direkte Erfassung der Verbräuche erweitert werden könnte.

Die sich an die Verbräuche anschließenden Berechnungsschritte der Umrechnung zu Emissionen, externen Kosten und Internalisierungslücken besitzen das für die beiden Schritte zuvor festgestellte Potenzial der Richtungsänderung der Verteilungswirkung nicht. Ein Beispiel verdeutlicht dies: Liegt der Erdgasverbrauch von Person A bei 1.000 kWh und der von Person B bei 2.000 kWh, so ist es zwar für das Ausmaß der Internalisierungsbelastung bedeutend, ob eine kWh Erdgas externe Kosten in Höhe von 5 Ct/kWh oder 10 Ct/kWh auslöst. In beiden Fällen wird jedoch Person B auf jeden Fall stärker belastet als Person A. Die Richtung der Verteilungswirkung ist auf der Ebene der einzelnen Energieträger also unabhängig vom externen Kostensatz. Dass dies auch auf der aggregierten Ebene aller betrachteten Bereiche für den Kostensatz von THG gilt, lassen zumindest die Szenariorechnungen in Kapitel 12.2 vermuten. Dort wird festgestellt, dass Szenariorechnungen mit alternativen Kostensätzen von 40 €/t CO<sub>2</sub> und 120 €/t CO<sub>2</sub> keine grundsätzlichen Änderungen an den progressiven Nettoverteilungswirkungen des Ökobonus verursachen (siehe Schaubild 134).

Allerdings gibt es noch einen weiteren Unsicherheitsfaktor bezüglich der Richtung der Verteilungseffekte: die Preiselastizitäten. Mittels der Preiselastizitäten wird versucht die Anpassungsreaktionen der Haushalte auf die durch die Internalisierung ausgelösten Preiserhöhungen abzubilden. Da es sich um eine Prognose zukünftiger Auswirkungen handelt, ist sie notwendigerweise mit einiger Unsicherheit behaftet. Die verwendeten Preiselastizitäten der Energienachfrage beruhen zum einen auf eigenen Auswertungen der EVS2008 und EVS2013 und zum anderen auf Ergebnissen aus einer internationalen Meta-Studie (Labandeira et al. 2016). Insbesondere was den einkommensspezifischen Aspekt der Preiselastizitäten angeht, ist die Datenlage bisher als eher schwierig zu bezeichnen (siehe Kapitel 11.2 und Kapitel 11.3.4). Unter anderem deswegen wird bei den in dieser Arbeit vorgenommenen Berechnungen der Internalisierungsauswirkungen zwischen der kurzen und langen Frist unterschieden. Neben einer zeitlichen Differenzierung, kann dies auch als Bildung zweier Preiselastizitäts-Szenarien verstanden werden. In der kurzen Frist sind die Energienachfragen weniger elastisch und über die Dezile identisch, in der langen Frist elastischer und über die Dezile zunehmend. Zusätzlich wurden im Rahmen der Szenariorechnungen in Kapitel 12.3 Ergebnisse für zwei weitere Szenarien berechnet. Wie der Vergleich der vier Preiselastizitäts-Szenarien zeigt, ist die Verteilungswirkung des Ökobonus umso progressiver desto preisunelastischer die Energienachfrage ist (siehe Schaubild 137). Bezogen auf die zentrale Forschungsfrage ist aber vor allem festzuhalten, dass eine einkommensunabhängige Änderung der Preiselastizitäten (*ceteris paribus*) an der progressiven Verteilungswirkung des Ökobonus nichts ändert, sondern nur die Stärke derselben beeinflusst. Anders sieht es aus, wenn man Energienachfragen annimmt, die über die Einkommensdezile deutlich preiselastischer werden. Hier ist theoretisch eine Umkehr auf eine regressive Verteilungswirkung möglich. Aber sogar die im Szenario SzenPE< getroffenen Annahmen einer über die Dezile stark ansteigenden und schließlich im zehnten Dezil im Vergleich zum ersten Dezil dreimal preiselastischeren Energiefrage, führt nicht zu einer Umkehr der progressiven Verteilungswirkung der Ökobonus, sondern „nur“ zu einer Abschwächung desselben (siehe Kapitel 12.3). Theoretisch sind aber natürlich noch größere Unterschiede bei den Preiselastizitäten denkbar, wenn auch eher unwahrscheinlich. Auch wenn aussagekräftigere Daten bezüglich der einkommensspezifischen Preiselastizitäten der Energienachfrage also voraussichtlich nichts an der grundsätzlichen Aussage der Progressivität der Nettowirkungen des Ökobonus ändern würden, so würden sie auf jeden Fall zu genaueren Berechnungen bezüglich des Ausmaßes der Progressivität führen. Auch hier besteht also somit Forschungsbedarf.

Als dritter einschränkender Punkt bezüglich der Aussagekraft der bislang in diesem Kapitel präsentierten Ergebnisse ist zu nennen, dass diese nur auf dezilspezifischen Durchschnittswerten beruhen. Diese durchschnittlichen Dezileswerte sagen allerdings noch nichts über die Verteilungen innerhalb der Dezile aus. Insbesondere in den unteren Dezilen hängt die Frage der sozialen Verträglichkeit des Ökobonus jedoch maßgeblich von diesen Verteilungen ab. Um dem Rechnung zu tragen, wurden in Kapitel 14.2

verschiedene Streuungs- und Lagemaße berechnet. Dabei stellte sich heraus, dass die Streuung der Nettowirkungen des Ökobonus innerhalb der Dezile relativ groß und linksschief ist (siehe Tab. 147). Zur Einschätzung der Sozialverträglichkeit wurde außerdem berechnet, welcher Anteil der Personen in den Dezilen jeweils mit positiven beziehungsweise negativen Nettowirkungen zu rechnen hätte (siehe Kapitel 14.2.5). Die Auswertungen zeigen, dass bei einer vollständigen Internalisierung aller Bereiche die Anzahl der Personen mit positiven Nettowirkungen des Ökobonus (Ökobonus-Gewinner) im ersten Dezil mit 92% am höchsten ist und dann streng monoton abfällt auf den minimalen Wert von 38% im zehnten Dezil. Umgekehrt heißt dies aber natürlich auch: Im ersten Dezil wären 8% Ökobonus-Verlierer, würden also durch die Internalisierung in größerem Umfang belastet, also sie durch den Ökobonus wieder entlastet würden (siehe Tab. 149). Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Bereichen: Während im Mobilitätsbereich mit 4% (Flugzeug) beziehungsweise 11% (MIV) nur ein relativ geringer Anteil des ersten Dezils negative Nettowirkungen des Ökobonus tragen müsste, sind dies im Wärme- und Strombereich mit 28% (Wärme) beziehungsweise 30% (Haushaltsstrom) deutlich größere Teile (siehe Tab. 149). Je nachdem in welchem Bereich eine mit dem Ökobonus verbundene Internalisierung durchgeführt würde, stellt sich die Frage der Sozialverträglichkeit in den unteren Einkommensbereichen also in schärferer (Haushaltsstrom, Wärme) oder etwas weniger scharfer (MIV, Flugzeug) Form.

Um die Anzahl der Haushalte mit negativen Nettowirkungen in den unteren Dezilen zu verringern und damit die Sozialverträglichkeit zu verbessern, könnten und sollten einkommensschwache Haushalte mit zusätzlichen Instrumenten unterstützt werden (siehe Kapitel 14.3.4). Ein großes Potenzial besitzen dabei Maßnahmen, die ärmeren Haushalten die Möglichkeit eröffnen, ihren Energieverbrauch zu senken beziehungsweise auf umweltfreundlichere Energieträger umzusteigen. Weitere Maßnahmen bestehen beispielsweise in der Anpassung der Hartz-IV- und Sozialhilfesätze und der schrittweisen Einführung der Internalisierung. Durch die schrittweise Einführung würde den Haushalten mehr Zeit für Anpassungsreaktionen gegeben. Damit arme Haushalte diese Zeit auch nutzen können, sollten die unterstützenden Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten möglichst schnell umgesetzt werden. Um die Akzeptanz der Bevölkerung bezüglich der mit dem Ökobonus verknüpften Internalisierung nicht zu gefährden, wird hier dafür plädiert, dass solche weiteren sozialpolitischen Maßnahmen nicht aus den Einnahmen der Internalisierung, sondern aus dem allgemeinen Haushalt finanziert werden.

Zusammenfassend lässt sich also bezüglich der Aussagekraft der in dieser Arbeit berechneten Ergebnisse zu den Nettowirkungen des Ökobonus festhalten, dass die festgestellte grundsätzliche Progressivität als relativ robust eingeschätzt wird, dass jedoch bezüglich des genauen Ausmaßes der Progressivität große Unsicherheiten bestehen. Unabhängig von diesen Unsicherheiten werden aber auf jeden Fall auch einige Haushalte in den unteren Dezilen mit negativen Nettowirkungen konfrontiert sein. Um



den Anteil möglichst gering zu halten und um diese Haushalte zu unterstützen sollten deswegen weitere sozialpolitische Maßnahmen umgesetzt werden.

## 15.2 Untergeordnete Forschungsfragen

### 15.2.1 Überblick

Für die Bearbeitung der zentralen Forschungsfrage waren zahlreiche Rechenschritte notwendig. Da die dabei gewonnenen Zwischenergebnisse teilweise sehr interessant sind, und weil die Zwischenergebnisse helfen, die Ergebnisse der zentralen Forschungsfrage nachzuvollziehen und einzuordnen, wurden vier untergeordnete Forschungsfragen formuliert (siehe Tab. 1). In Tab. 155 sind alle untergeordneten Forschungsfragen noch einmal aufgeführt. Die Ergebnisse zu den untergeordneten Forschungsfragen werden im Anschluss nacheinander vorgestellt. Zur besseren Übersicht – und um nicht den kompletten Inhalt der Ergebniskapitel zu wiederholen – geschieht dies in stichpunktartiger, tabellarischer Form. Notwendigerweise können dabei nicht alle interessanten Aspekte aufgeführt und vollumfänglich erläutert werden. Zu jeder Forschungsfrage werden aber Verweise zu den ausführlicheren Erläuterungen gegeben.

**Tab. 155: Übersicht der ungeordneten Forschungsfragen**

UNTERGEORDNETE FORSCHUNGSFRAGEN	
<b>2. Welche einkommensspezifischen Unterschiede gibt es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität bei den...</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Ausgaben?</li> <li>b) Energieverbräuchen?</li> <li>c) Schadstoffemissionen?</li> <li>d) externen Kosten?</li> <li>e) Internalisierungslücken?</li> </ul>
<b>3. Welche einkommensspezifischen Änderungen gab es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität von 2008 bis 2013 bei den...</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Ausgaben?</li> <li>b) Energieverbräuchen?</li> <li>c) Schadstoffemissionen?</li> <li>d) externen Kosten?</li> <li>e) Internalisierungslücken?</li> </ul>
<b>4. Inwieweit sind die externen Kosten der betrachteten Energieträger/Verkehrsmittel in Deutschland bereits internalisiert? Liegen Internalisierungslücken vor?</b>	
<b>5. Welche einkommensspezifischen Auswirkungen hätte die Internalisierung der externen Kosten in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität auf die ...</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Preise?</li> <li>b) Energieverbräuche?</li> <li>c) Schadstoffemissionen?</li> <li>d) externen Kosten?</li> </ul>

Quelle: eigene Darstellung

### 15.2.2 Forschungsfrage 2: Einkommensspezifische Unterschiede im Jahr 2013

**Tab. 157: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 2b)**

<b>2b) Welche einkommensspezifischen Unterschiede gibt es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität bei den Energieverbräuchen?</b>												
Dezile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø	10./1.
<b>Energieverbräuche pro Person im Jahr 2013 (kWh/P/a)</b>												
<b>HH-Strom</b>	1.089	1.102	1.178	1.201	1.266	1.256	1.323	1.341	1.383	1.630	1.277	1,5
<b>Wärme</b>	4.534	5.007	5.466	5.778	5.846	6.642	6.317	6.927	7.213	8.652	6.238	1,9
<b>MIV</b>	1.353	2.202	2.839	3.289	3.776	3.992	4.337	4.641	5.119	5.876	3.742	4,3
<b>Flugzeug</b>	687	795	928	1.098	965	1.133	1.238	1.762	2.762	4.894	1.626	7,1
<b>ÖPV</b>	408	408	344	344	358	358	386	386	467	467	393	1,1
<b>Gesamt</b>	<b>8.071</b>	<b>9.514</b>	<b>10.755</b>	<b>11.711</b>	<b>12.212</b>	<b>13.381</b>	<b>13.601</b>	<b>15.057</b>	<b>16.945</b>	<b>21.520</b>	<b>13.277</b>	<b>2,7</b>

grüne Färbung: Wert größer als im vorherigen Dezil; orange Zahl: Werte von 2008  
Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-5; eigene Berechnung

**Kurz zusammengefasst:**

- Das 10. Dezil verbraucht 2,7 mal mehr Energie als das 1. Dezil.
- Der aggregierte Energieverbrauch steigt über Dezile streng monoton an von 8.071 kWh auf 21.520 kWh.
- Der größte relative Unterschied liegt beim Flugzeug vor (10./1. Dezil: 7,1).
- Der kleinste relative Unterschied liegt beim ÖPNV vor (10./1. Dezil: 1,1). Allerdings muss beim ÖPNV einschränkend angemerkt werden, dass die Werte aus dem Jahr 2008 stammen (MiD2008).

**Ausführliche Erläuterungen und Quellenangaben siehe Kapitel 7.5, 8.5, 9.5, 10.4.**

**Tab. 158: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 2c)**

[illegible]

**Tab. 159: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 2d)**

2d) Welche einkommensspezifischen Unterschiede gibt es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität bei den externen Kosten?												
Dezile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø	10./1.
Externe Kosten pro Person im Jahr 2013 (€/P/a)												
HH-Strom	96	97	103	105	111	110	116	118	121	143	112	1,5
Wärme	141	155	168	175	178	203	192	207	215	256	189	1,8
MIV	134	218	280	325	377	399	434	465	520	597	375	4,5
Flugzeug	80	92	108	128	112	132	144	205	321	569	189	7,1
ÖPV	50	50	47	47	50	50	49	49	55	55	50	1,1
Gesamt	500	612	708	781	828	893	935	1.044	1.233	1.620	915	3,2

*grüne Färbung: Wert größer als im vorherigen Dezil; orange Zahl: Werte von 2008*  
*Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-7; eigene Berechnung*

**Kurz zusammengefasst:**

- Das 10. Dezil verursacht 3,2 mal höhere externe Kosten als das 1. Dezil.
- Aggregierte externe Kosten steigen über die Dezile streng monoton an von 500 € auf 1.620 €.
- Größter relativer Unterschied liegt beim Flugzeug (10./1. Dezil: 7,1).
- Kleinster relativer Unterschied liegt beim ÖPV (10./1. Dezil: 1,1).

**Ausführliche Erläuterungen und Quellenangaben siehe Kapitel 7.7, 8.7, 9.7, 10.6.**

**Tab. 160: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 2e)**

2e) Welche einkommensspezifischen Unterschiede gibt es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität bei den Internalisierungslücken?												
Dezile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø	10./1.
Internalisierungslücke pro Person im Jahr 2013 (€/P/a)												
HH-Strom	70	71	76	78	82	81	86	87	90	106	83	1,5
Wärme	119	131	141	146	148	170	160	174	179	212	158	1,8
MIV	118	192	244	283	338	357	391	419	486	558	339	4,7
Flugzeug	98	114	132	157	138	162	177	252	394	699	232	7,1
Gesamt	405	507	594	664	706	770	814	931	1.149	1.574	811	3,9

grüne Färbung: Wert größer als im vorherigen Dezil

Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung

**Kurz zusammengefasst:**

- Die Internalisierungslücke des 10. Dezil ist insgesamt 3,9 mal höher als die des 1. Dezils.
- Aggregierte Internalisierungslücken steigen über die Dezile streng monoton an von 405 € auf 1.574 €.
- Größter relativer Unterschied liegt beim Flugzeug (10./1. Dezil: 7,1).
- Kleinster relativer Unterschied liegt beim Haushaltsstrom (10./1. Dezil: 1,5).
- ÖPV nicht mehr enthalten, da Berechnungen zu komplex und relativ geringe Relevanz.

**Ausführliche Erläuterungen und Quellenangaben siehe Kapitel 7.9, 8.9, 9.9, 10.7.**

<b>3a) Welche einkommensspezifischen Änderungen gab es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität von 2008 bis 2013 bei den Ausgaben?</b>											
<b>Dezile</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>Ø</b>
<b>Änderungen der Ausgaben von 2008 bis 2013 (%)</b>											
<b>HH-Strom</b>	23%	23%	27%	26%	29%	22%	26%	23%	20%	25%	24%
<b>Wärme</b>	10%	13%	15%	12%	8%	11%	5%	5%	1%	1%	7%
<b>MIV</b>	4%	5%	7%	10%	9%	6%	7%	6%	8%	8%	7%
<b>Flugzeug</b>	37%	30%	8%	14%	25%	0%	-7%	19%	9%	10%	10%
<b>ÖPV</b>	16%	8%	14%	17%	5%	21%	13%	18%	15%	5%	13%
<b>Gesamt</b>	14%	13%	14%	15%	13%	11%	9%	11%	8%	9%	11%
<b>Änderungen der Ausgabenanteile am Nettoeinkommen von 2008 bis 2013 (%)</b>											
<b>HH-Strom</b>	9%	12%	15%	12%	15%	11%	13%	12%	10%	17%	13%
<b>Wärme</b>	-3%	2%	4%	0%	-4%	1%	-5%	-4%	-7%	-5%	-2%
<b>MIV</b>	-8%	-4%	-4%	-1%	-2%	-3%	-3%	-3%	-1%	1%	-2%
<b>Flugzeug</b>	22%	18%	-2%	2%	12%	-9%	-16%	9%	0%	3%	1%
<b>ÖPV</b>	3%	-2%	3%	5%	-6%	10%	2%	8%	5%	-2%	3%
<b>Gesamt</b>	1%	3%	3%	3%	1%	1%	-2%	2%	0%	2%	2%

orange Zahl: Werte von 2008  
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; eigene Berechnung

**Kurz zusammengefasst:**

- Die Energieausgaben sind von 2008 bis 2013 insgesamt um 11% angestiegen.
- Stromaushaben sind mit 24% am stärksten gewachsen, Wärme und MIV (Kraftstoffe) mit 7% am schwächsten.
- In den unteren Dezilen sind die Energieausgaben prozentual stärker angestiegen.
- Am stärksten gestiegen sind sie im 4. Dezil mit 15%, am schwächsten im 9. Dezil mit 8%.
- Maßgeblich dafür ist die unterschiedliche Zusammensetzung der Energieausgaben (siehe Schaubild 106).
- Da von 2008 bis 2013 jedoch auch die Nettoeinkommen anstiegen, stieg der Energieausgabenanteil nur um durchschnittlich 2%.
- Dabei sind vor allem Steigerungen beim Haushaltsstrom zu beobachten (+13%), während die Ausgabenanteile für Wärme und MIV (Kraftstoffe) jeweils um 2% abnehmen.

**Ausführliche Erläuterungen und Quellenangaben siehe Kapitel 7.3, 8.3, 9.3, 10.3.**

**Tab. 162: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 3b)**

3b) Welche einkommensspezifischen Änderungen gab es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität von 2008 bis 2013 bei den Energieverbräuchen?											
Dezile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø
Änderungen des Verbrauchs von 2008 bis 2013 (%)											
HH-Strom	-10%	-9%	-6%	-8%	-6%	-12%	-9%	-12%	-13%	-11%	-10%
Wärme	-1%	2%	3%	3%	-3%	2%	-7%	-4%	-10%	-9%	-3%
MIV	-7%	-5%	-4%	-1%	-1%	-4%	-3%	-4%	-2%	-2%	-3%
Flugzeug	37%	30%	8%	14%	25%	0%	-7%	19%	9%	10%	11%
ÖPV	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gesamt	-1%	0%	0%	1%	-1%	-1%	-6%	-3%	-5%	-3%	-2%

*orange Zahl: Werte von 2008*

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-5; eigene Berechnung*

**Kurz zusammengefasst:**

- Der aggregierte Energieverbrauch ging von 2008 bis 2013 im Durchschnitt um 2% zurück.
- Am größten war der Energierückgang im 7. Dezil mit 6%, im 2. und 3. Dezil blieb er hingegen etwa konstant.
- Beim Haushaltsstrom sind mit 10% die größten prozentualen Rückgänge zu verzeichnen. Das ist voraussichtlich zu einem guten Teil den hohen Preissteigerungen in diesem Bereich geschuldet (siehe Kapitel 7.4).
- Beim Flugzeug nahm der Energieverbrauch um 11% zu, wobei aus prozentualer Sicht vor allem in den ersten beiden Dezilen hohe Zuwächse zu verzeichnen sind. Aufgrund der Datenlage müssen diese Ergebnisse jedoch mit Vorsicht interpretiert werden.
- Beim ÖPV wurden die Werte aus dem Jahr 2008 in Ermangelung neuerer Daten konstant gehalten (siehe Kapitel 9.5.4.1).

**Ausführliche Erläuterungen und Quellenangaben siehe Kapitel 7.5, 8.5, 9.5, 10.4.**

**Tab. 163: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 3c)**

[illegible]



**Tab. 164: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 3d)**

3d) Welche einkommensspezifischen Änderungen gab es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität von 2008 bis 2013 bei den externen Kosten?											
Dezile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø
Änderungen der externen Kosten von 2008 bis 2013 (%)											
HH-Strom	-9%	-9%	-6%	-8%	-6%	-11%	-8%	-12%	-13%	-11%	-10%
Wärme	2%	6%	9%	6%	1%	6%	-3%	-1%	-7%	-7%	0%
MIV	0%	2%	3%	6%	6%	3%	4%	3%	5%	5%	4%
Flugzeug	47%	40%	16%	23%	34%	7%	0%	28%	17%	18%	19%
ÖPV	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
Gesamt	4%	5%	5%	6%	6%	2%	0%	4%	3%	6%	4%

Tab. 165: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 3e

<b>3e) Welche einkommensspezifischen Änderungen gab es in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität von 2008 bis 2013 bei den Internalisierungslücken?</b>											
<b>Dezile</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>Ø</b>
<b>Änderungen der Internalisierungslücken von 2008 bis 2013 (%)</b>											
<b>HH-Strom</b>	4%	4%	8%	6%	9%	2%	5%	2%	0%	2%	4%
<b>Wärme</b>	14%	18%	20%	16%	8%	16%	5%	8%	0%	1%	9%
<b>MIV</b>	7%	9%	11%	14%	14%	10%	11%	10%	12%	13%	12%
<b>Flugzeug</b>	38%	31%	9%	15%	26%	0%	-6%	20%	10%	11%	12%
<b>Gesamt</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>12%</b>	<b>14%</b>	<b>14%</b>	<b>8%</b>	<b>5%</b>	<b>11%</b>	<b>8%</b>	<b>9%</b>	<b>10%</b>

*Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-8; eigene Berechnung*

**Kurz zusammengefasst:**

- Die Internalisierungslücken stiegen im Durchschnitt um 10% an.
- Am größten war der Anstieg mit 15% in den Dezilen 1 und 2.
- In den Bereichen MIV und Flugzeug ist die Internalisierungslücke mit 12% am stärksten gestiegen, im Bereich Haushaltsstrom mit 4% am geringsten.
- Die höchste prozentuale Steigerung zeigte sich mit 38% im ersten Dezil beim Flugzeug. Hier muss allerdings einschränkend die unsichere Datenlage berücksichtigt werden.
- Die Erhöhung setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: Erstens der Entwicklung der externen Kosten (siehe Tab. 164) und zweitens der Entwicklung der bestehenden Nettointernalisierung, auf die in Forschungsfrage 4 eingegangen wird (siehe Tab. 166).

**Ausführliche Erläuterungen und Quellenangaben siehe Kapitel 7.9, 8.9, 9.9, 10.7.**

#### 15.2.4 Forschungsfrage 4: Internalisierungslücken

**Tab. 166: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 4**

[illegible]

### 15.2.5 Forschungsfrage 5: Einkommensspezifische Auswirkungen der Internalisierung

**Tab. 167: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 5a**

5a) Welche einkommensspezifischen Auswirkungen hätte die Internalisierung der externen Kosten in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität auf die Preise?												
Dezile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø	10./1.
<b>Kurze Frist</b>												
<b>Preise nach Internalisierung (Ct/kWh)</b>												
HH-Strom	39,0	38,2	37,5	37,4	37,2	37,3	36,9	37,2	36,7	36,9	37,4	95%
Wärme	11,7	11,6	11,4	11,2	11,3	11,1	11,3	11,0	11,0	10,9	11,2	93%
MIV	25,4	25,4	25,4	25,4	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	100%
Flugzeug	20,4	20,4	23,8	23,8	26,9	26,9	26,5	26,5	23,8	23,8	24,4	117%
<b>Gesamt</b>	<b>18,7</b>	<b>18,8</b>	<b>19,0</b>	<b>19,0</b>	<b>19,5</b>	<b>19,1</b>	<b>19,6</b>	<b>19,4</b>	<b>19,3</b>	<b>19,3</b>	<b>19,2</b>	<b>103%</b>
<b>Preisänderungen durch Internalisierung (%)</b>												
HH-Strom	20%	20%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	-
Wärme	29%	29%	29%	29%	29%	30%	29%	30%	29%	29%	29%	-
MIV	52%	52%	51%	51%	55%	55%	55%	55%	60%	60%	56%	-
Flugzeug	235%	235%	151%	151%	113%	113%	117%	117%	151%	151%	142%	-
<b>Gesamt</b>	<b>39%</b>	<b>41%</b>	<b>40%</b>	<b>42%</b>	<b>41%</b>	<b>42%</b>	<b>43%</b>	<b>45%</b>	<b>51%</b>	<b>55%</b>	<b>45%</b>	-
<b>Lange Frist</b>												
<b>Preise nach Internalisierung (Ct/kWh)</b>												
HH-Strom	39,0	38,2	37,5	37,4	37,2	37,3	36,9	37,2	36,7	36,9	37,4	95%
Wärme	11,8	11,6	11,4	11,2	11,3	11,1	11,3	11,0	11,1	10,9	11,2	93%
MIV	25,4	25,4	25,4	25,4	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	100%
Flugzeug	20,4	20,4	23,8	23,8	26,9	26,9	26,5	26,5	23,8	23,8	24,4	117%
<b>Gesamt</b>	<b>18,6</b>	<b>18,6</b>	<b>18,9</b>	<b>18,9</b>	<b>19,5</b>	<b>19,1</b>	<b>19,6</b>	<b>19,5</b>	<b>19,3</b>	<b>19,4</b>	<b>19,1</b>	<b>104%</b>
<b>Preisänderungen durch Internalisierung (%)</b>												
HH-Strom	20%	20%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	-
Wärme	29%	29%	30%	30%	29%	30%	30%	30%	30%	29%	30%	-
MIV	52%	52%	51%	51%	55%	55%	55%	55%	60%	60%	56%	-
Flugzeug	235%	235%	151%	151%	113%	113%	117%	117%	151%	151%	142%	-
<b>Gesamt</b>	<b>38%</b>	<b>40%</b>	<b>40%</b>	<b>41%</b>	<b>41%</b>	<b>42%</b>	<b>43%</b>	<b>45%</b>	<b>51%</b>	<b>56%</b>	<b>44%</b>	-
<p><i>Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-4; eigene Berechnung</i></p> <p><b>Kurz zusammengefasst:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Durch die Internalisierung steigen die gezahlten Energiepreise durchschnittlich um 45% (kurze Frist) beziehungsweise 44% (lange Frist).</li> <li>Am größten sind die Preissteigerungen beim Flugzeug. Bei diesem steigen die Preise um durchschnittlich 142%. Einkommensspezifisch betrachtet sind die Preissteigerungen mit 235% im 1. und 2. Dezil mit Abstand am höchsten, weil in diesen bislang die niedrigsten Preise pro kWh gezahlt wurden (siehe Tab. 97).</li> <li>Beim MIV liegen die durchschnittlichen Preissteigerungen bei 56%, bei der Wärme bei 29% und bei Haushaltsstrom bei 21%. Die Werte sind dabei in der kurzen und langen Frist annahmegemäß identisch. Bei der Wärme liegt der Wert in der langen Frist mit 30% etwas höher, da es sich um eine aus verschiedenen Energieträgern zusammengesetzte Position handelt.</li> </ul> <p><b>Ausführliche Erläuterungen und Quellenangaben siehe Kapitel 7.4, 8.4, 9.4, 11.2.</b></p>												

**Tab. 168: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 5b**

5b) Welche einkommensspezifischen Auswirkungen hätte die Internalisierung der externen Kosten in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität auf die Energieverbräuche?												
Dezile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø	10./1.
Kurze Frist												
Verbrauch nach Internalisierung (kWh/P/a)												
HH-Strom	1.032	1.043	1.114	1.136	1.197	1.188	1.250	1.268	1.306	1.540	1.207	1,5
Wärme	4.155	4.580	4.994	5.278	5.344	6.050	5.767	6.311	6.589	7.909	5.698	1,9
MIV	1.158	1.885	2.437	2.823	3.210	3.394	3.680	3.938	4.288	4.922	3.173	4,3
Flugzeug	123	142	439	519	582	683	732	1.043	1.306	2.313	788	18,9
Gesamt	6.468	7.649	8.984	9.756	10.333	11.314	11.430	12.559	13.489	16.684	10.867	2,6
Verbrauchsänderungen durch Internalisierung (%)												
HH-Strom	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-6%	-6%	-6%	-6%	-5%	-
Wärme	-8%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	-
MIV	-14%	-14%	-14%	-14%	-15%	-15%	-15%	-15%	-16%	-16%	-15%	-
Flugzeug	-82%	-82%	-53%	-53%	-40%	-40%	-41%	-41%	-53%	-53%	-52%	-
Gesamt	-16%	-16%	-14%	-14%	-13%	-13%	-14%	-14%	-18%	-21%	-16%	-
Lange Frist												
Verbrauch nach Internalisierung (kWh/P/a)												
HH-Strom	977	981	1.041	1.056	1.107	1.093	1.144	1.155	1.182	1.388	1.115	1,4
Wärme	3.874	4.208	4.520	4.702	4.698	5.220	4.929	5.286	5.453	6.443	4.971	1,7
MIV	951	1.540	1.986	2.291	2.567	2.699	2.906	3.092	3.300	3.765	2.524	4,0
Flugzeug	74	78	385	448	530	616	651	917	1.033	1.797	653	24,2
Gesamt	5.876	6.807	7.932	8.496	8.902	9.629	9.629	10.451	10.968	13.393	9.263	2,3
Verbrauchsänderungen durch Internalisierung (%)												
HH-Strom	-10%	-11%	-12%	-12%	-13%	-13%	-14%	-14%	-15%	-15%	-13%	-
Wärme	-15%	-16%	-17%	-19%	-20%	-21%	-22%	-24%	-24%	-26%	-20%	-
MIV	-30%	-30%	-30%	-30%	-32%	-32%	-33%	-33%	-36%	-36%	-33%	-
Flugzeug	-89%	-90%	-59%	-59%	-45%	-46%	-47%	-48%	-63%	-63%	-60%	-
Gesamt	-23%	-25%	-24%	-25%	-25%	-26%	-27%	-29%	-33%	-36%	-28%	-
Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-5; eigene Berechnung												
Kurz zusammengefasst:												
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Verbräuche ließen sich durch die Internalisierung in der kurzen Frist um 16% und in der langen Frist um 28% senken.</li> <li>Die größten prozentualen Rückgänge treten dabei mit 21% (kurze Frist) beziehungsweise 36% (lange Frist) im 10. Dezil auf.</li> <li>Mit 52% (kurze Frist) beziehungsweise 60% (lange Frist) ist der durchschnittliche Rückgang beim Flugverkehr mit Abstand am höchsten. Dies lässt sich auf die enorm hohen Preissteigerungen zurückführen (siehe Tab. 167). Es folgen der MIV (kurz: 15%; lang: 33%), die Wärme (kurz: 9%; lang: 20%) und schließlich der Haushaltsstrom (kurz: 5%; lang: 13%).</li> <li>Aufgrund der einkommensspezifischen Unterschiede bei den Preisen (siehe Tab. 97), sind auch die Verbrauchsrückgänge beim Flugzeug im 1. und 2. Dezil am höchsten.</li> <li>Die Unterschiede zwischen der langen und kurzen Frist ergeben sich aus den unterschiedlichen Annahmen zu den Preiselastizitäten (siehe Kapitel 11.2).</li> </ul>												
Ausführliche Erläuterungen und Quellenangaben siehe Kapitel 11.4.												



**Tab. 170: Ergebnisübersicht zu Forschungsfrage 5c, Teil 2: Luftschadstoffe**

5c) Welche einkommensspezifischen Auswirkungen hätte die Internalisierung der externen Kosten in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität auf die Luftschadstoffe?												
Dezile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø	10./1.
Kurze Frist												
Änderungen anderer Luftschadstoffe durch Internalisierung (%)												
SO <sub>2</sub>	-27%	-25%	-19%	-20%	-17%	-17%	-18%	-19%	-25%	-28%	-22%	-
NO <sub>x</sub>	-27%	-27%	-21%	-22%	-18%	-18%	-19%	-21%	-27%	-31%	-24%	-
PM <sub>10</sub> <sup>1</sup>	-14%	-15%	-13%	-14%	-13%	-13%	-14%	-14%	-16%	-18%	-15%	-
PM <sub>2,5</sub> <sup>2</sup>	-18%	-18%	-18%	-18%	-18%	-18%	-18%	-18%	-19%	-19%	-18%	-
PM <sub>2,5</sub> <sup>3</sup>	-14%	-14%	-14%	-14%	-15%	-15%	-15%	-15%	-16%	-16%	-15%	-
NM VOC	-20%	-19%	-16%	-16%	-16%	-16%	-16%	-17%	-20%	-22%	-18%	-
NH <sub>3</sub>	-7%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	-9%	-8%	-8%	-8%	-
Lange Frist												
Änderungen anderer Luftschadstoffe durch Internalisierung (%)												
SO <sub>2</sub>	-37%	-37%	-32%	-33%	-31%	-32%	-33%	-34%	-41%	-44%	-36%	-
NO <sub>x</sub>	-36%	-37%	-31%	-33%	-30%	-31%	-32%	-34%	-42%	-46%	-37%	-
PM <sub>10</sub> <sup>1</sup>	-23%	-25%	-25%	-26%	-27%	-28%	-29%	-30%	-33%	-35%	-29%	-
PM <sub>2,5</sub> <sup>2</sup>	-35%	-36%	-36%	-36%	-37%	-38%	-38%	-39%	-40%	-40%	-38%	-
PM <sub>2,5</sub> <sup>3</sup>	-29%	-30%	-30%	-30%	-32%	-32%	-33%	-33%	-35%	-36%	-32%	-
NM VOC	-31%	-32%	-30%	-30%	-31%	-31%	-32%	-33%	-38%	-40%	-33%	-
NH <sub>3</sub>	-14%	-16%	-18%	-19%	-19%	-19%	-20%	-21%	-21%	-21%	-19%	-
<sup>1</sup> bei MIV nur Abrieb; <sup>2</sup> nur MIV: Auspuff; <sup>3</sup> nur MIV: Sonstiges Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-6; eigene Berechnung												
<b>Kurz zusammengefasst:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Durch die Internalisierung ließen in der kurzen Frist die Luftschadstoffemissionen um 8% (NH<sub>3</sub>) bis 24% (SO<sub>2</sub>) senken. Klare einkommensspezifische Trends sind nicht zu erkennen.</li> <li>In der langen Frist lägen die Rückgänge zwischen 19% (NH<sub>3</sub>) und 38% (PM<sub>2,5</sub><sup>2</sup>).</li> <li>Berücksichtigt werden muss dabei, dass keinerlei technologischer Fortschritt angenommen wird. Die Verminderungen beruhen also allein auf den Rückgängen der Energieverbräuche.</li> </ul>												
<b>Ausführliche Erläuterungen und Quellenangaben siehe Kapitel 11.4.</b>												





## 16 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde mittels der Auswertung und Kombination bestehender Datenquellen die Frage untersucht, welche sozialen Verteilungswirkungen eine Internalisierung der externen Kosten des Konsums hätte. Im Zentrum der Arbeit stand die Frage nach der sozialen Verträglichkeit der Internalisierung externer Kosten. Diese könnte sich als entscheidendes Kriterium bezüglich einer tatsächlichen Umsetzung der Internalisierung erweisen, da sie die gesellschaftliche Akzeptanz mitbestimmt (siehe Kapitel 5.3).

Die eigenen Auswertungen ergaben in der Bruttoperspektive – also der alleinigen Betrachtung der Belastungswirkungen der Internalisierung – für die Bereiche Haushaltsstrom, Wärme und MIV eine regressive Belastungswirkung, wobei beim MIV vor allem die Mittelschicht stark belastet würde (Forschungsfrage 1a; Kapitel 15.1.2). Beim Flugverkehr herrscht hingegen eine progressive Belastungswirkung vor. Aggregiert man die Belastungen über die vier betrachteten Bereiche (Haushaltsstrom, Wärme, MIV und Flugzeug), so zeigen sich insgesamt deutlich regressive Verteilungswirkungen: Während im ersten Dezil 3,83% des Nettoeinkommens für die Internalisierung aufgebracht werden müssten, sind es im zehnten Dezil nur 2,54% (kurze Frist, siehe Tab. 153).

Doch das stellt in gewissem Sinne nur die halbe Wahrheit dar. Die „ganze Wahrheit“ zeigt sich, wenn man zusätzlich auch die Verwendung der Einnahmen mitberücksichtigt, also die Nettoperspektive einnimmt. Dabei gibt es bei der Einnahmenverwendung verschiedene Möglichkeiten (siehe Kapitel 5.3), die alle mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen behaftet sind. In dieser Arbeit wird der Ökobonus als Instrument des „Einnahmerecyclings“ eingesetzt. Für den Ökobonus wurde sich zum einen deswegen entschieden, weil er ein relativ einfaches Instrument ist. Das vereinfacht sowohl die Vermittlung in der Bevölkerung als auch die Berechnung der sozialen Verteilungswirkungen. Der Ökobonus wirkt zudem effektiv dem manchmal gegen Internalisierungsmaßnahmen vorgebrachten Vorwurf entgegen, dass Internalisierungen nur zur Staatseinnahmeerzielung – die dann zu einem möglicherweise von den Betroffenen nicht geteilten Zweck eingesetzt werden – durchgeführt werden. Der Ökobonus verfolgt hingegen aus sich selbst heraus keinen eigenen Zweck, sondern besteht allein in der gleichmäßigen Rückverteilung der Internalisierungseinnahmen an die Bevölkerung. Ob jemand also in der Nettoperspektive vom Ökobonus profitiert oder nicht und ob insgesamt progressive oder regressive Nettoverteilungswirkungen auftreten, hängt alleine von der Höhe der verursachten externen Kosten und damit von der von den Internalisierungsmaßnahmen adressierten Zielvariable ab. All diese Punkte beschenken dem Ökobonus ein großes Potenzial, was die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung anbelangt, und erhöhen damit auch die Chancen für eine tatsächliche Umsetzung der Internalisierungsmaßnahmen

(siehe Kapitel 5.3). Allerdings gibt es natürlich auch Aspekte, die beim Ökobonus kritisch zu sehen sind. Als wichtigster Punkt ist hier zu nennen, dass die Einnahmen nicht mehr zu Zwecken eingesetzt werden können, die zu einer ökonomischen oder ökologischen Doppeldividende führen würden (siehe Kapitel 5.3).

Ein weiterer Punkt sorgt für eine potenziell hohe gesellschaftliche Akzeptanz des Ökobonus: die progressive Verteilungswirkung. Wie in Kapitel 5.3 und 5.5 gezeigt wurde, haben verschiedene Studien gezeigt, dass der Einsatz des Ökobonus bei der Verwendung der Internalisierungseinnahmen im Nettoeffekt zu progressiven Verteilungswirkungen führt (vgl. Smith 1993; Iten et al. 1999; Büchs et al. 2011; Müller und Spillmann 2015; Wang et al. 2016). Und diese progressive Verteilungswirkung, oder zumindest das Gefühl, dass die durch eine Maßnahme ausgelösten Belastungen gerecht verteilt sind, ist ein wichtiger Faktor bezüglich deren gesellschaftlichen Akzeptanz (vgl. Zhang und Baranzini 2004: 511).

Die eigenen Auswertungen bestätigen die Progressivität der Nettoverteilungswirkungen des Ökobonus (Forschungsfrage 1b; siehe Kapitel 15.1.3). Das gilt sowohl in der aggregierten Gesamtbetrachtung als auch – in unterschiedlich starker Ausprägung – für die einzelnen Bereiche. Die Berechnungen ergeben, dass in der Gesamtbetrachtung sowohl in der kurzen als auch der langen Frist die Dezile eins bis fünf vom Ökobonus netto profitieren würden. Die Nettowirkung fällt in der kurzen Frist von maximal 4,26% des Nettoeinkommens (lange Frist: 3,38%) im ersten Dezil streng monoton bis auf -1,09% (lange Frist: -0,79%) im zehnten Dezil (siehe Tab. 154). Dabei erscheint die auf Dezilebene betrachtete durchschnittliche maximale Belastung von 1,09% des Nettoeinkommens (lange Frist: 0,79%) für das einkommensstärkste zehnte Dezil als zwar spürbar, aber nicht untragbar hoch. Dahingegen ist der Nettogewinn von 4,26% (lange Frist: 3,38%) für das einkommensschwächste erste Dezil als durchaus relevante Größe einzustufen.<sup>182</sup>

Auf der Dezilebene lässt sich also festhalten, dass die Internalisierung in Verbindung mit dem Ökobonus sozialverträglich wäre; sie würde im Durchschnitt sogar zu einer deutlichen Umverteilung von einkommensstarken zu einkommensschwachen Haushalten führen. Allerdings zeigen die eigenen Auswertungen, dass es jenseits der Durchschnittswerte auch innerhalb der einkommensschwachen Dezile in der Nettobetrachtung Ökobonus-Verlierer gibt – also Personen, die mehr für die Internalisierung zahlen müssten, als sie durch den Ökobonus zurückbekommen. In der kurzen Frist trifft dies in der Gesamtbetrachtung auf 8% des ersten Dezils zu (siehe Tab. 149). Um die Sozialverträglichkeit zu ver-

---

<sup>182</sup> Die statt auf das Nettoäquivalenzeinkommen auf die Anzahl der Haushaltsmitglieder bezogene Auswertung hat außerdem gezeigt, dass die Nettowirkung des Ökobonus mit der Anzahl der Haushaltsmitglieder ansteigt (siehe Tab. 144), Familien im Durchschnitt also mit positiven Nettowirkungen rechnen können, während Single-Haushalte belastet werden.

bessern, sollten deswegen insbesondere einkommensschwache Haushalte mit zusätzlichen Maßnahmen unterstützt werden. Dabei besitzen insbesondere solche Maßnahmen ein hohes Potenzial, die den ärmeren Haushalten dabei helfen ihren Energieverbrauch zu senken oder auf umweltfreundlichere Energieträger umzusteigen (siehe Kapitel 14.3.4 und 15.1.4).

Bei der Berechnung der Verteilungswirkungen der Internalisierung mittels der selbst entwickelten Methodik (siehe Kapitel 6) mussten aufgrund von Datenbeschränkungen einige vereinfachende Annahmen (zum Beispiel zu den Preiseinflussfaktoren, Emissionsfaktoren, Preiselastizitäten) getroffen werden. Außerdem werden verschiedene Datenquellen eingesetzt, die wiederum selbst bezüglich ihrer Genauigkeit einigen Restriktionen unterworfen sind (zum Beispiel EVS2008, EVS2013, MiD2008, GEMIS v4.94). Das führt zu Einschränkungen bezüglich der Genauigkeit und Aussagekraft der in dieser Arbeit berechneten Ergebnisse. Statistische Berechnungen (Kapitel 14.1.2), theoretische Überlegungen (Kapitel 14.1.3), Szenariorechnungen (Kapitel 12) und Vergleiche mit anderen Studien (Kapitel 13) führten jedoch zur Einschätzung, dass die progressive Verteilungswirkung der Nettowirkung des Ökobonus als robust einzustufen ist (siehe Kapitel 14.1 und 15.1.4). Insofern kann das „Experiment“, die EVS – die die größte Haushaltsbefragung in ganz Europa darstellt (Statistisches Bundesamt 2016b: 4), in der bezüglich der untersuchten Bereiche jedoch alleine Ausgaben vorliegen – als Ausgangspunkt für die Untersuchungen zu nehmen und diese mittels selbst aufgestellter Preis-Ausgaben-Funktionen in Energieverbräuche umzurechnen, als geglückt bezeichnet werden.

Allerdings muss auch festgehalten werden, dass es – wenn auch die grundsätzliche Progressivität als robust eingeschätzt wird – aufgrund der in dieser Arbeit vorgenommenen Annahmen und vorhandenen Datenrestriktionen nicht zu vernachlässigende Unsicherheiten bezüglich des genauen Ausmaßes der Progressivität der Verteilungswirkungen gibt. Um diese Ungewissheit zu reduzieren, besteht an verschiedenen Stellen weiterer Forschungsbedarf (siehe Kapitel 14.1.3 und 15.1.4). Dies betrifft zum Beispiel genauere Daten zu Energieverbräuchen, jahres- und anlagenspezifische Emissionsfaktoren und einkommensspezifische Preiselastizitäten. Ein konkreter Schritt, der die Umrechnung von Ausgaben in Verbräuche überflüssig machen würde und die dadurch entstehenden Unsicherheiten verschwinden ließe, bestünde beispielsweise darin, die EVS um eine direkte Abfrage der Energieverbräuche zu erweitern.

Die Aussagekraft der Ergebnisse dieser Arbeit ist zudem aufgrund der Unvollständigkeit der berechneten externen Kosten eingeschränkt: In dieser Arbeit wurden bei der Internalisierung nur die Konsumbereiche Strom, Wärme, MIV und Flugverkehr berücksichtigt. Andere Konsumbereiche wie beispielsweise Ernährung oder Elektrogeräte konnten im Rahmen dieser Arbeit in Ermangelung aussagekräftiger Daten nicht behandelt werden. Wie in Kapitel 14.1.3.3 ausgeführt, sind die in dieser Arbeit behandelten Bereiche zwar mit rund 60% für den größten Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich, allerdings

fehlt bereits bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen mit 40% ein relevanter Teil; und bei anderen Umweltwirkungen könnte der abgedeckte Anteil auch sehr viel geringer sein. So ist beispielsweise das hier nicht berücksichtigte Konsumfeld Ernährung über die Landwirtschaft maßgeblich für die Nährstoffüberlastung (Eutrophierung) von Böden und Gewässern verantwortlich (vgl. UBA 2015: 6f). Das führt direkt zu der Frage, welche Emissionen und Umweltwirkungen – und die damit externen Kosten – einbezogen werden. In dieser Arbeit wurde der pragmatische Ansatz gewählt, diejenigen Emissionen und deren negativen Umweltwirkungen einzubeziehen, für die durch das Umweltbundesamt durch die Methodenkonvention 2.0 Kostensätze für die Berechnung der externen Kosten vorhanden sind. Das umfasst die Emissionen der typischen THG und klassischen Luftschadstoffe (siehe Kapitel 6.5.4). Im Mobilitätsbereich wurden außerdem noch Kostensätze für Lärm und Unfälle ergänzt (siehe Kapitel 6.5.5). Das deckt aber natürlich nicht alle tatsächlich auftretenden (nicht internalisierten) externen Kosten ab. So werden beispielsweise negative externe Effekte, die durch den Verbrauch von Land, Wasser und nicht-erneuerbaren Ressourcen entstehen, bislang nicht berücksichtigt.<sup>183</sup> Hinzu kommt, dass in dieser Arbeit nur die in Deutschland vorliegenden bestehenden Internalisierungen und Subventionen berücksichtigt wurden, nicht jedoch die des Auslands. Ob die fehlende Berücksichtigung des Auslands zu einer Über- oder Unterschätzung der bestehenden Internalisierungslücken führt, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Vor dem Hintergrund der internationalen Wettbewerbsfähigkeit wäre jedoch eher damit zu rechnen, dass die Subventionen überwiegen und die Internalisierungslücken deswegen bislang eher unterschätzt werden (siehe Kapitel 14.1.3.7).

Es sind also in den Berechnungen aufgrund fehlender Daten nicht alle tatsächlich auftretenden externen Kosten des Konsums enthalten. Durch die Internalisierung der berechneten Internalisierungslücken würde also auch keine vollständige Einpreisierung der externen Kosten erreicht. Aber selbst wenn zu allen externen Kosten Daten in ausreichender Qualität vorlägen, würde die Internalisierung dieser externen Kosten alleine nicht ausreichen, um die bestehenden und voraussichtlich noch bevorstehenden Umweltprobleme zu lösen. Denn die Messung von externen Effekten ist neben Datenproblemen auch mit einigen grundsätzlichen Problemen behaftet: Wie bezieht man den Nutzen zukünftiger Generationen ein? Welchen Diskontsatz wählt man dabei? Als wie risikobereit schätzt man die Gesellschaft ein? Wie bewertet man ein Menschenleben und wie das anderer Lebewesen? Die Berechnung der externen Kosten beruht also auf vielen Annahmen, wobei die jeweiligen Annahmen zwar begründet, aber nicht als letztgültig objektiv richtig oder falsch eingestuft werden können. So hängt beispielsweise die Frage der Einbeziehung zukünftiger Generationen maßgeblich davon ab, welche Annahmen bezüglich des zukünftigen technologischen Fortschritts und Wirtschaftswachstums getroffen werden.

---

<sup>183</sup> Für eine aktuelle Studie, die diese Umweltwirkungen mitberücksichtigt aber keine externen Kosten berechnet, siehe zum Beispiel Ivanova et al. (2016).

Und manche Bereiche, wie beispielsweise die Bewertung des intrinsischen Wertes von Lebewesen, entziehen sich einer Monetarisierung vollständig.

Der Stellenwert, den die Internalisierung der hier berechneten Internalisierungslücken bei der Bewältigung der Umweltprobleme einnehmen kann, ist also zum einen aufgrund fehlender Daten und zum anderen aufgrund der generellen Beschränkungen der Monetarisierung begrenzt. Einen Beitrag zur nachhaltigeren Ausgestaltung des Konsums leistet sie aber auf jeden Fall. So zeigen die – unter vielen Annahmen erstellten und deshalb vorsichtig zu interpretierenden – Berechnungen zu den Auswirkungen der Internalisierung, dass durch die Internalisierung die THG-Emissionen in der kurzen Frist um 15% und in der langen Frist sogar um 27% zurückgehen würden (siehe Forschungsfrage 5c Teil 1, Tab. 169).<sup>184</sup> Das alleine reicht zwar nicht aus, um beispielsweise die von der Bundesregierung formulierten Ziele einer Reduktion der THG bis 2050 um 80% bis 95% (Basisjahr 1990) zu erreichen (BMUB 2016b). Allerdings sind in den eigenen Berechnungen auch noch keine Annahmen zu möglichen Folgewirkungen der Internalisierung – wie beispielsweise technischer Fortschritt – enthalten, die zu einer weiteren Reduktion der Umweltwirkungen führen würde. Nichtsdestotrotz müssten neben einer Internalisierung der externen Kosten aber auf jeden Fall noch viele weitere nationale und vor allem auch internationale Maßnahmen umgesetzt werden, um eine Reduzierung der THG und weiterer schädlicher Umweltwirkungen auf ein nachhaltiges Maß zu erreichen. Das umfasst sowohl weitere marktwirtschaftliche Instrumente, als auch Instrumente des Ordnungsrechts, wie beispielsweise strengere Emissionsstandards und Ökodesign-Richtlinien. Darüber hinaus ist auch weiterhin die individuelle Verantwortung jedes Einzelnen gefragt, also das kritische Hinterfragen des eigenen Konsumverhaltens und dessen Auswirkungen sowie eine dementsprechende Anpassung.<sup>185</sup>

Die Internalisierung der externen Kosten ist also kein Allheilmittel, sie könnte aber einen wichtigen Baustein auf dem Weg zu einem nachhaltigen, umweltverträglichen Konsum und einer entsprechend ausgerichteten Wirtschaft darstellen. Denn im Rahmen einer Marktwirtschaft stellt der Preis die unmittelbarste und insofern wichtigste Informationsquelle dar. Vom Preis werden sowohl das Konsumverhalten der Verbraucher, als auch die Investitionsentscheidungen und Forschungs- und Entwicklungsausrichtungen von Unternehmen maßgeblich beeinflusst. Um effiziente Marktergebnisse zu erzielen, müssen die Preise also möglichst alle gesellschaftlichen Kosten widerspiegeln. Die hier vorgeschlagene Internalisierung würde zu diesem Ziel beitragen, auch wenn voraussichtlich nur ein Teil der

<sup>184</sup> Die anderen Luftschadstoffemissionen würden in der kurzen Frist um 8% (NH<sub>3</sub>) bis 24% (SO<sub>2</sub>) und um 19% (NH<sub>3</sub>) und 38% (PM<sub>2.5</sub>) zurückgehen (siehe Forschungsfrage 5c Teil 2, Tab. 170).

<sup>185</sup> Um den Verbrauchern hierbei eine informierte Kaufentscheidung zu ermöglichen, sollte unter anderem die verlässliche Produktkennzeichnung über Labels und Siegel (zum Beispiel EU-Bio-Siegel, EU-Energielabel, Fair Trade-Siegel) weiter ausgebaut werden.

gesamten externen Kosten eingepreist würde. Wie aber die Ausführungen zum wirtschaftlichen Hintergrund in Kapitel 4.5 gezeigt haben, würde auch eine Teilinternalisierung eine Verbesserung der ökonomischen Wohlfahrtssituation zum Status quo darstellen.

Wie dringlich eine Internalisierung der externen Kosten und die dadurch ausgelöste Reduzierung der negativen Umweltwirkungen sind, zeigen beispielsweise die Konzepte der planetaren Belastungsgrenzen (siehe Kapitel 3.2.3) und des ökologischen Fußabdrucks (siehe Kapitel 3.2.4). Beide Konzepte legen nahe, dass unsere heutigen Konsumgewohnheiten unnachhaltig sind, da sie zu Umweltwirkungen führen, die oberhalb der Belastungsgrenzen beziehungsweise der Biokapazität unseres Planeten liegen. Ein „Weiter-wie-bisher“ hätte deswegen voraussichtlich gravierende negative Folgen für zukünftige Generationen. Und schon heute leiden viele Menschen unter den Folgen des unnachhaltigen Konsumniveaus, wobei diese Menschen – gerade beim Klimawandel – oft nichts oder kaum etwas zu den Umweltproblemen beigetragen haben. Gerade die wohlhabenden Nationen – zum einen weil sie für einen großen Teil der Umweltwirkungen verantwortlich sind, zum anderen weil sie die notwendigen finanziellen Mittel besitzen – stehen in der Verantwortung Maßnahmen zu ergreifen, die zu einer nachhaltigen Produktion und Konsumption beitragen. Die Internalisierung der externen Kosten wäre eine solche Maßnahme.

Einen recht drastischen Vergleich und Ausblick, was passieren könnte, wenn die externen Umweltkosten nicht internalisiert werden, stellt Ernst-Ulrich von Weizsäcker an:

*„Der Kommunismus ist zusammengebrochen, weil er die Preise nicht die wirtschaftliche Wahrheit sagen ließ. Und so könnte der Kapitalismus zusammenbrechen, wenn er den Preisen nicht erlaubt, die »ökologische Wahrheit« zu sagen.“ (Weizsäcker et al. 2010: 14)*

Ob dies tatsächlich zutrifft, darüber kann man durchaus geteilter Meinung sein. Unabhängig davon würde die Internalisierung der externen Kosten aber, wie in den vorherigen Absätzen zu zeigen versucht wurde, zu positiven Wohlfahrtswirkungen führen und zu einem nachhaltigeren Konsum beitragen.

Wie die eigenen Auswertungen gezeigt haben, würde die Verknüpfung der Internalisierung mit dem Ökobonus dazu führen, dass neben der Reduktion der Umweltwirkungen auch eine Umverteilung von oben nach unten stattfände. Die ökonomische Ungleichheit in Deutschland würde also verringert. Diese wäre aus zweierlei Gründen begrüßenswert: Zum einen steigert dies die gesellschaftliche Akzeptanz und damit die Umsetzungschancen der Internalisierungsmaßnahmen (siehe Kapitel 5.3), zum anderen kann die Reduzierung der Ungleichheit – gerade vor dem Hintergrund der von 2000 bis 2005 in Deutschland deutlich gestiegenen Einkommensungleichheit (vgl. Grabka und Goebel 2017: 78) – auch als eigenständiges wünschenswertes Ziel angesehen werden (siehe Kapitel 3.4). Zieht man ökonomische Wohlfahrtsmaße wie den Nationalen Wohlfahrtsindex (NWI) oder den Genuine Progress Indicator

(GPI) heran, so hätte die mit dem Ökobonus verknüpfte Internalisierung der externen Kosten deswegen in doppeltem Sinne wohlfahrtssteigernde Wirkungen: Erstens über die Reduktion der negativen Umweltwirkungen und zweitens über die Reduktion der Einkommensungleichheit (vgl. Diefenbacher et al. 2016; Talberth und Weisdorf 2017).

Offenbar steht auch die aktuelle Bundesregierung einer Internalisierung der externen Kosten grundsätzlich positiv gegenüber. Zumindest führt der vom Bundeskabinett am 14.11.2016 beschlossene Klimaschutzplan 2050 unter „Übergreifende Ziele und Maßnahmen“ als ersten Punkt die „Klimafreundliche Fortentwicklung des Steuer- und Abgabensystems“ an. Dort heißt es: „Die Bundesregierung wird die ökonomischen Anreize, die Umweltbelastung zu senken und in Richtung nachhaltiger Produktions- und Konsumweisen zu steuern, für die Verursacher stärken“ (BMUB 2016b: 72). Ganz im Sinne der vorliegenden Arbeit wird weiter ausgeführt, dass „[d]ie Auswirkungen etwaiger Veränderungen auf einkommensschwache Haushalte [...] dabei angemessen berücksichtigt [werden]“ (BMUB 2016b: 72). Wie die vorliegende Arbeit gezeigt hat, würde die Verknüpfung der Internalisierung der externen Kosten mit dem Ökobonus zu einer Umkehr der für die alleinige Betrachtung der Internalisierung festgestellten regressiven Belastungswirkungen zu progressiven Nettoverteilungswirkungen führen, wäre insofern also sozialverträglich und würde den im Klimaschutzplan aufgestellten und hier aufgeführten Kriterien entsprechen. Allerdings gibt es an vielen Stellen auch noch Unsicherheiten beziehungsweise offene Fragen, die in weiteren Forschungsarbeiten behandelt werden sollten. So zeigt sich beispielsweise jenseits der dezilspezifischen Durchschnittsbetrachtung, dass auch ein Teil der einkommensschwachen Haushalte von negativen Nettowirkungen betroffen wäre. Um diese Haushalte zu unterstützen, wird hier vorgeschlagen, dass zusätzliche Maßnahmen für einkommensschwache Haushalte eingeführt werden sollten, die allerdings bislang nur grob umrissen werden (siehe Kapitel 14.3.4). In weiteren Studien könnte und sollte dies genauer ausgeführt werden. Außerdem sollte in weiteren Forschungsarbeiten untersucht werden, wie die bestehenden Unsicherheiten der Berechnungen (siehe Kapitel 14.1 und 15.1.4) reduziert werden könnten und – was in Kapitel 14.3 bislang nur andiskutiert wurde – welche konkreten Instrumente zur Internalisierung eingesetzt werden könnten.

Die vorliegende Arbeit bietet also noch kein vollständiges Konzept der Internalisierung der externen Kosten mit anschließender Rückverteilung über den Ökobonus. Die Auswertungen verdeutlichen jedoch das Potenzial, das zum einen die Internalisierung bezüglich der Reduzierung der negativen Umweltwirkungen und zum anderen der Ökobonus bezüglich der Herstellung der Sozialverträglichkeit und der damit verbundenen Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz besitzen. Damit bietet sie die Grundlage für weitere Forschungsarbeiten, in denen ein solches Konzept konkretisiert werden könnte.





## Anhang

### Ergänzende Tabellen und Schaubilder

Tab. 172: Heizausgaben der EVS2008 (EVS-Aggregationsebene; €/P/a)

Dezile	Gas	Heizöl	Feste Brenn- stoffe	Heizstrom	Fern-/ Zentralheizung, Warmwasser, Umlagen	Heizenergie- ausgaben
1	143	68	14	22	129	376
2	160	88	15	21	115	398
3	178	118	14	18	91	419
4	186	147	15	19	80	447
5	188	183	19	17	64	471
6	218	191	15	23	64	512
7	226	203	21	26	52	527
8	245	230	18	18	45	556
9	265	252	24	23	49	612
10	332	287	20	27	55	722
Ø	214	177	18	21	74	504

Quellen: FDZ 2010; eigene Berechnung

Tab. 173: Disaggregierte Heizausgaben der Variable „Fern-/Zentralheizung, Warmwasser, Umlagen“ (ef255) der EVS2008 (€/P/a)

Dezile	Fern- heizung	Gas	Heizöl	Feste Brenn- stoffe	Heizstrom	Sonstige	Trifft nicht zu
1	98	18	7	0	4	1	0,19
2	85	16	7	1	5	1	0,00
3	69	13	6	0	2	1	0,00
4	59	13	6	1	2	1	0,00
5	44	10	6	1	2	0	0,00
6	45	11	5	0	2	1	0,00
7	36	9	4	1	2	0	0,00
8	29	9	4	0	2	0	0,03
9	33	10	4	0	1	1	0,00
10	39	9	5	0	1	1	0,00
Ø	54	12	5	1	2	1	0,02

Quellen: FDZ 2010; eigene Berechnung

Tab. 174: Heizausgaben der EVS2013 (EVS-Aggregationsebene; €/P/a)

Dezile	Flüssig- gas (z.B. Propan- gas)	Gas (Stadt- und Erd- gas)	Sonstige flüssige Brenn- stoffe	Heizöl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Warm- wasser	Heiz- strom
<b>1</b>	5	135	1	39	17	28	95	20
<b>2</b>	2	149	0	75	19	26	87	20
<b>3</b>	11	165	0	107	25	24	68	26
<b>4</b>	7	183	0	131	27	21	52	23
<b>5</b>	7	198	0	124	28	22	53	26
<b>6</b>	10	199	1	185	34	20	47	27
<b>7</b>	9	205	1	154	35	19	50	29
<b>8</b>	10	218	0	197	40	19	40	24
<b>9</b>	13	252	1	188	39	17	38	27
<b>10</b>	8	321	1	234	41	16	42	24
<b>Ø</b>	<b>8</b>	<b>202</b>	<b>1</b>	<b>143</b>	<b>31</b>	<b>21</b>	<b>57</b>	<b>25</b>

Quellen: FDZ 2016; eigene Berechnung

Tab. 175: Heizausgaben der EVS2013 für Umlagen (EF327-EF332, geschätzt; €/P/a)

Dezile	Fernheizung (Schätzung)	Strom (Schätzung)	Gas (Schätzung)	Heizöl (Schätzung)	Feste Brennstoffe (Schätzung)	Sonstige Energieart (Schätzung)
<b>1</b>	10	3	28	30	1	1
<b>2</b>	9	2	28	28	1	1
<b>3</b>	8	2	22	22	1	0
<b>4</b>	6	1	24	22	1	1
<b>5</b>	7	2	19	22	1	0
<b>6</b>	4	1	19	20	1	1
<b>7</b>	5	2	20	21	1	1
<b>8</b>	3	1	19	12	1	1
<b>9</b>	5	1	20	16	1	1
<b>10</b>	6	1	20	16	1	1
<b>Ø</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Quellen: FDZ 2016; eigene Berechnung

Tab. 176: Disaggregierte Heizausgaben der EVS2013 der Variable „Warmwasser“ (EF324; €/P/a)

Dezile	Heizstrom	Gas	Heizöl	Feste Brenn- stoffe	Sonstige	Fernhei- zung	Summe Warm- wasser
<b>1</b>	2	6	4	0	0	82	95
<b>2</b>	2	6	2	1	1	75	87
<b>3</b>	2	3	2	1	2	58	68
<b>4</b>	1	3	2	0	0	45	52
<b>5</b>	1	4	1	0	0	45	53
<b>6</b>	1	2	2	0	1	41	47
<b>7</b>	1	4	1	0	4	40	50
<b>8</b>	1	3	1	1	1	35	40
<b>9</b>	2	2	0	0	1	33	38
<b>10</b>	1	2	0	0	1	38	42
<b>Ø</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>49</b>	<b>57</b>

Quellen: FDZ 2016; eigene Berechnung

Tab. 177: Luftschadstoffemissionen durch Heizen nach Energieträgern 2008 (g/P/a)

Dezile	Gas	Heizöl	Feste Brenn- stoffe	Heizstrom	Fern- heizung	Sonstiges	Heiz- energie
<b>SO<sub>2</sub></b>							
<b>1</b>	22	282	55	62	178	0	600
<b>2</b>	25	352	62	61	154	0	654
<b>3</b>	28	464	56	48	125	0	720
<b>4</b>	29	562	59	51	106	0	808
<b>5</b>	29	703	79	48	80	0	938
<b>6</b>	34	731	60	61	81	0	967
<b>7</b>	36	767	85	66	65	0	1.019
<b>8</b>	39	884	71	49	52	0	1.095
<b>9</b>	42	974	93	58	58	0	1.225
<b>10</b>	54	1.116	79	67	70	0	1.386
<b>Ø</b>	<b>34</b>	<b>684</b>	<b>70</b>	<b>57</b>	<b>97</b>	<b>0</b>	<b>941</b>
<b>NO<sub>x</sub></b>							
<b>1</b>	340	213	63	103	521	2	1.242
<b>2</b>	382	265	70	101	453	1	1.273
<b>3</b>	431	349	64	79	365	2	1.291
<b>4</b>	447	424	67	84	312	1	1.335
<b>5</b>	448	530	89	78	234	1	1.381
<b>6</b>	524	551	68	100	239	2	1.485
<b>7</b>	549	578	97	109	191	0	1.524
<b>8</b>	598	667	81	81	151	1	1.579
<b>9</b>	651	734	106	95	172	2	1.760
<b>10</b>	827	841	90	110	206	1	2.076
<b>Ø</b>	<b>520</b>	<b>515</b>	<b>80</b>	<b>94</b>	<b>284</b>	<b>1</b>	<b>1.495</b>
<b>PM<sub>10</sub></b>							
<b>1</b>	13	24	58	7	26	0	128
<b>2</b>	15	30	64	6	22	0	138
<b>3</b>	17	40	59	5	18	0	138
<b>4</b>	17	48	61	5	15	0	148
<b>5</b>	17	60	82	5	12	0	176
<b>6</b>	20	63	63	6	12	0	164
<b>7</b>	21	66	89	7	9	0	192
<b>8</b>	23	76	74	5	7	0	186
<b>9</b>	25	83	97	6	8	0	220
<b>10</b>	32	96	83	7	10	0	228
<b>Ø</b>	<b>20</b>	<b>59</b>	<b>73</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>172</b>

NMVOC							
<b>1</b>	65	47	217	5	61	0	396
<b>2</b>	73	59	241	5	53	0	432
<b>3</b>	82	78	221	4	43	0	428
<b>4</b>	85	95	231	4	37	0	451
<b>5</b>	86	118	308	4	27	0	543
<b>6</b>	100	123	236	5	28	0	492
<b>7</b>	105	129	334	5	22	0	595
<b>8</b>	114	149	280	4	18	0	564
<b>9</b>	124	164	364	4	20	0	677
<b>10</b>	158	188	311	5	24	0	687
<b>Ø</b>	<b>99</b>	<b>115</b>	<b>274</b>	<b>4</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>527</b>
NH <sub>3</sub>							
<b>1</b>	1,3	0,9	0,3	7,6	2,5	0,0	12,6
<b>2</b>	1,5	1,1	0,4	7,4	2,2	0,0	12,6
<b>3</b>	1,6	1,5	0,3	5,8	1,8	0,0	11,0
<b>4</b>	1,7	1,8	0,4	6,2	1,5	0,0	11,5
<b>5</b>	1,7	2,2	0,5	5,8	1,1	0,0	11,3
<b>6</b>	2,0	2,3	0,4	7,4	1,2	0,0	13,2
<b>7</b>	2,1	2,4	0,5	8,0	0,9	0,0	14,0
<b>8</b>	2,3	2,8	0,4	6,0	0,7	0,0	12,2
<b>9</b>	2,5	3,1	0,6	7,0	0,8	0,0	14,0
<b>10</b>	3,1	3,5	0,5	8,1	1,0	0,0	16,2
<b>Ø</b>	<b>2,0</b>	<b>2,2</b>	<b>0,4</b>	<b>6,9</b>	<b>1,4</b>	<b>0,0</b>	<b>12,9</b>

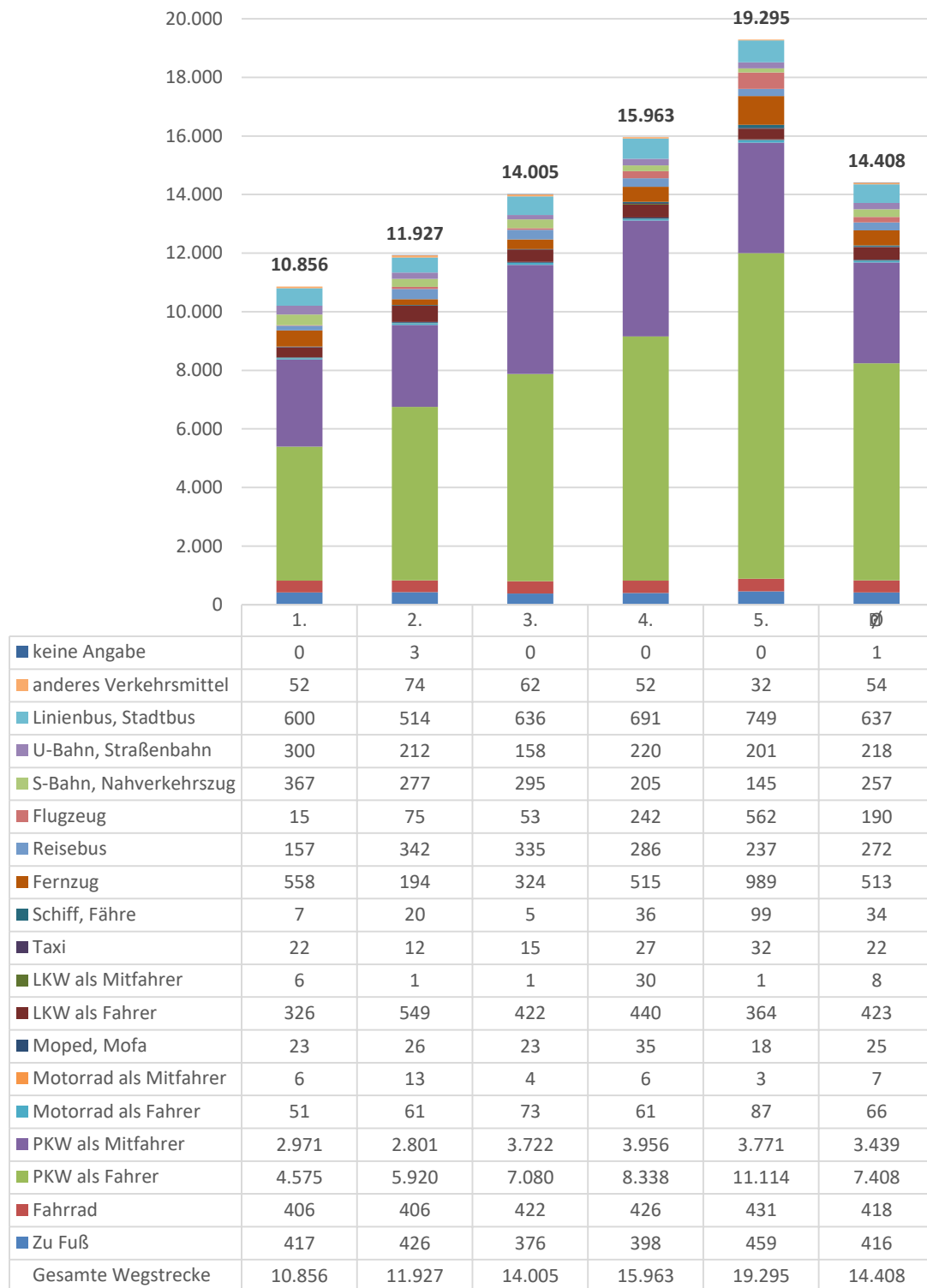
Quellen: FDZ 2010; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

Tab. 178: Luftschadstoffemissionen durch Heizen nach Energieträgern 2013 (g/P/a)

Dezile	Gas	Heizöl	Feste Brennstoffe	Heizstrom	Fernheizung	Sonstiges	Heizenergie
<b>SO<sub>2</sub></b>							
1	22	250	65	41	183	0	562
2	24	361	76	41	168	0	670
3	27	450	95	49	137	0	758
4	29	527	103	41	110	0	811
5	31	505	104	48	113	0	800
6	31	707	123	47	100	0	1.008
7	31	601	131	53	99	1	915
8	34	714	150	43	86	0	1.028
9	39	700	142	49	83	0	1.013
10	48	861	150	42	91	0	1.193
Ø	32	568	114	45	117	0	876
<b>NO<sub>x</sub></b>							
1	345	189	74	68	536	3	1.215
2	370	272	86	68	494	2	1.292
3	410	340	108	81	403	6	1.347
4	453	397	117	69	323	2	1.362
5	473	381	118	81	331	2	1.384
6	486	533	140	78	292	2	1.532
7	475	453	149	87	290	11	1.466
8	524	539	171	72	251	4	1.560
9	596	528	161	82	244	3	1.615
10	744	649	170	69	268	3	1.904
Ø	488	428	129	76	343	4	1.468
<b>PM<sub>10</sub></b>							
1	13	21	68	5	26	0	134
2	14	31	79	5	24	0	154
3	16	39	99	6	20	0	179
4	18	45	107	5	16	0	191
5	18	43	108	6	16	0	192
6	19	61	128	6	14	0	228
7	18	51	137	6	14	0	228
8	20	61	157	5	12	0	256
9	23	60	148	6	12	0	249
10	29	74	157	5	13	0	278
Ø	19	49	119	5	17	0	209

NMVOC							
<b>1</b>	66	42	256	3	63	1	430
<b>2</b>	71	61	297	3	58	0	490
<b>3</b>	78	76	372	4	47	1	578
<b>4</b>	86	89	403	3	38	0	620
<b>5</b>	90	85	406	4	39	0	624
<b>6</b>	93	119	481	4	34	0	731
<b>7</b>	91	101	514	4	34	2	746
<b>8</b>	100	120	589	3	29	1	843
<b>9</b>	114	118	555	4	29	1	820
<b>10</b>	142	145	588	3	31	1	910
<b>Ø</b>	<b>93</b>	<b>96</b>	<b>446</b>	<b>3</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>679</b>
NH <sub>3</sub>							
<b>1</b>	1,3	0,8	0,4	14,2	2,6	0,0	19,4
<b>2</b>	1,4	1,1	0,5	14,1	2,4	0,0	19,6
<b>3</b>	1,6	1,4	0,6	17,0	2,0	0,0	22,5
<b>4</b>	1,7	1,7	0,6	14,4	1,6	0,0	20,0
<b>5</b>	1,8	1,6	0,6	16,9	1,6	0,0	22,5
<b>6</b>	1,8	2,2	0,7	16,4	1,4	0,0	22,7
<b>7</b>	1,8	1,9	0,8	18,3	1,4	0,0	24,3
<b>8</b>	2,0	2,3	0,9	15,1	1,2	0,0	21,5
<b>9</b>	2,3	2,2	0,9	17,1	1,2	0,0	23,7
<b>10</b>	2,8	2,7	0,9	14,5	1,3	0,0	22,3
<b>Ø</b>	<b>1,9</b>	<b>1,8</b>	<b>0,7</b>	<b>15,8</b>	<b>1,7</b>	<b>0,0</b>	<b>21,8</b>

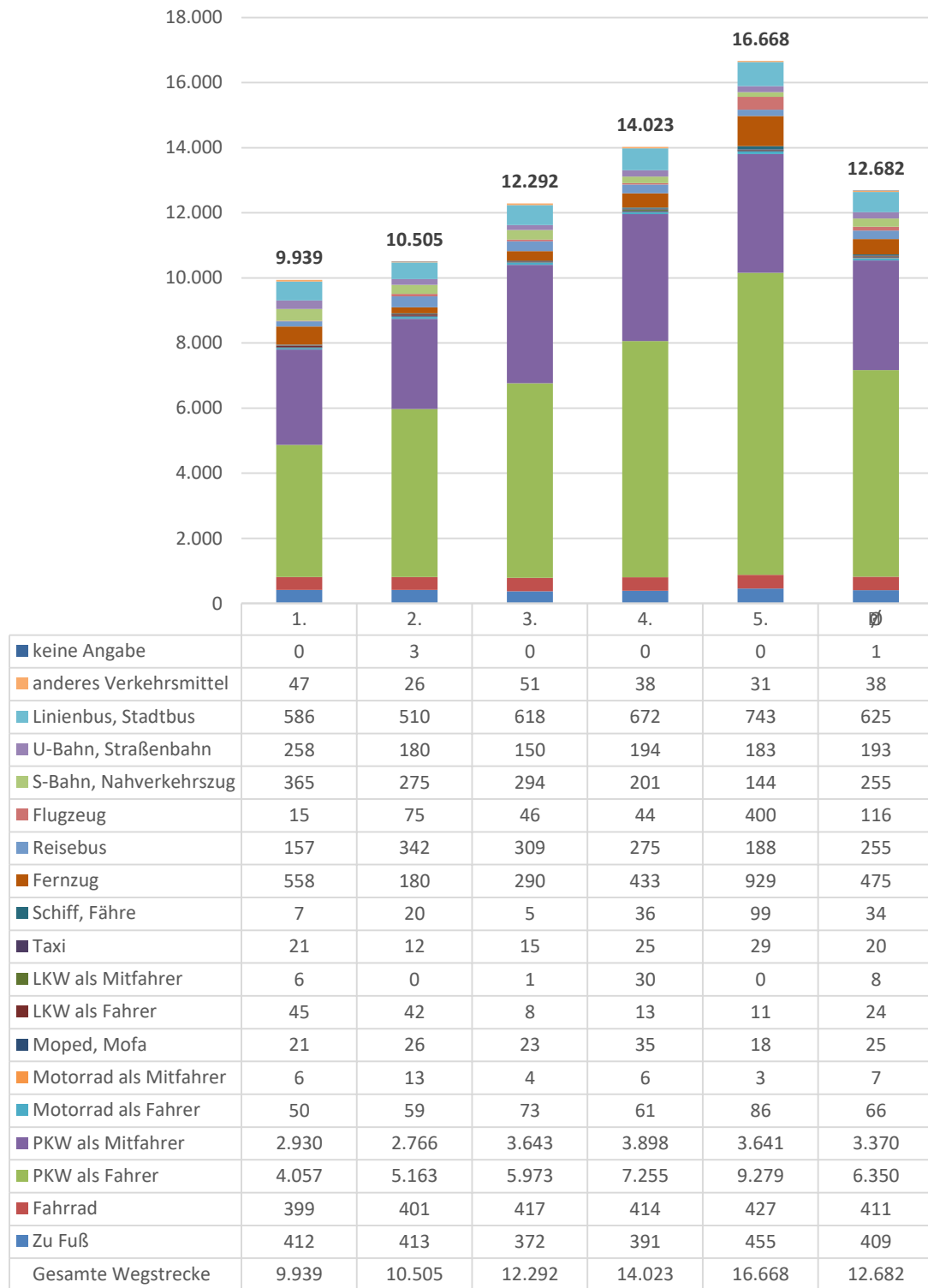
Quellen: FDZ 2016; IINAS 2015; Eurostat 2016a; BMWi 2014; Frondel et al. 2013; Frondel et al. 2015a; TFZ 2016; Zimmermann 2016; eigene Berechnung

**Schaubild 145: Wege nach Hauptverkehrsmittel (differenziert) – alle Hauptwegezwecke (Pkm/P/a)**

Quellen: BMVBS 2010; eigene Berechnung

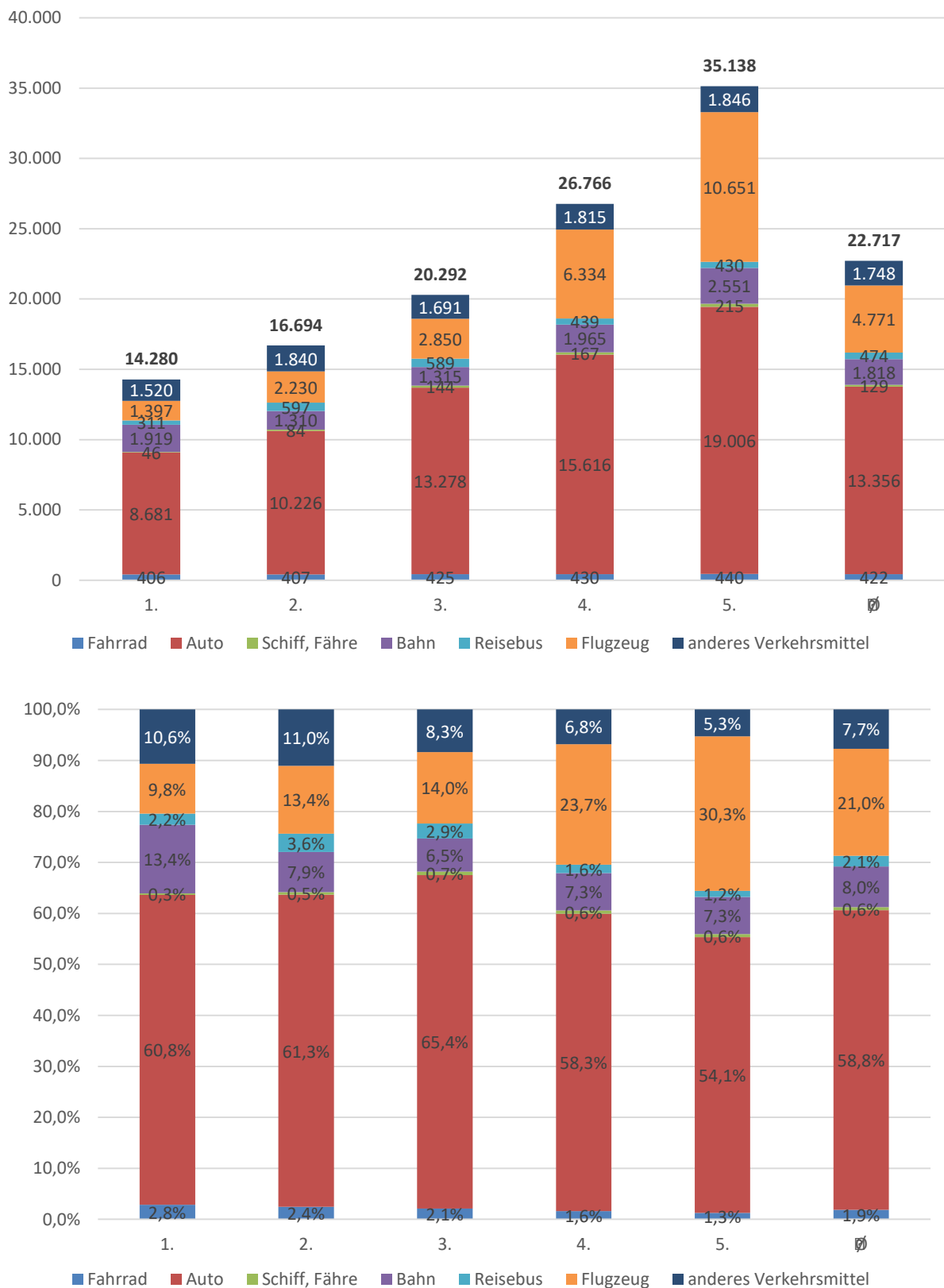


**Schaubild 146: Wege nach Hauptverkehrsmittel (differenziert) – alle Hauptwegezwecke außer dienstlich (Pkm/P/a)**



Quellen: BMVBS 2010; eigene Berechnung

**Schaubild 147: Wege und Reisen nach Hauptverkehrsmittel – alle Hauptwegezwecke  
(Pkm/P/a und % an Gesamtstrecke)**



Quellen: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Tab. 179: Emissionsfaktoren Mobilität, Teil 1 (g/Pkm)

		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NM VOC
MIV (Diesel)	Auspuff	3,70E-04	2,76E-01		1,06E-02		7,11E-03
	Abrieb			1,84E-02			
	Bau	9,12E-02	3,75E-02			8,03E-03	3,39E-02
	Wartung	1,21E-02	6,67E-03			1,01E-03	3,24E-03
	Entsorgung	1,13E-03	1,48E-03			1,02E-04	4,53E-04
	Kraftstoff- bereitstellung	2,88E-01	4,70E-02			1,12E-02	1,48E-01
	Infrastruktur						
	Summe	<b>3,93E-01</b>	<b>3,69E-01</b>	<b>1,84E-02</b>	<b>1,06E-02</b>	<b>2,04E-02</b>	<b>1,93E-01</b>
MIV (Benzin)	Gewichteter Mittelwert	4,19E-04	7,81E-02		1,43E-03		1,86E-02
	Abrieb			1,84E-02			
	Bau	9,12E-02	3,75E-02			8,03E-03	3,39E-02
	Wartung	1,21E-02	6,67E-03			1,01E-03	3,24E-03
	Entsorgung	1,13E-03	1,48E-03			1,02E-04	4,53E-04
	Kraftstoff- bereitstellung	4,70E-01	1,05E-01			1,72E-02	1,67E-01
	Infrastruktur						
	Summe	<b>5,75E-01</b>	<b>2,28E-01</b>	<b>1,84E-02</b>	<b>1,43E-03</b>	<b>2,64E-02</b>	<b>2,24E-01</b>
Linienbus (Diesel)	Auspuff/Betrieb	2,62E-04	4,68E-01		1,19E-02		2,33E-02
	Abrieb			2,42E-02			
	Bau	1,29E-02	8,71E-03			2,44E-03	3,21E-03
	Wartung	3,76E-03	2,66E-03			2,91E-04	1,82E-03
	Entsorgung	7,12E-06	4,74E-05			1,45E-06	7,06E-06
	Kraftstoff- bereitstellung	1,57E-01	2,56E-02			6,12E-03	8,10E-02
	Infrastruktur						
	Summe	<b>1,74E-01</b>	<b>5,05E-01</b>	<b>2,42E-02</b>	<b>1,19E-02</b>	<b>8,86E-03</b>	<b>1,09E-01</b>
Reisebus (Diesel)	Auspuff/Betrieb	2,89E-04	4,79E-01		1,07E-02		1,94E-02
	Abrieb			1,49E-02			
	Bau	1,44E-02	9,73E-03			2,73E-03	3,58E-03
	Wartung	4,20E-03	2,97E-03			3,25E-04	2,03E-03
	Entsorgung	7,95E-06	5,29E-05			1,62E-06	7,88E-06
	Kraftstoff- bereitstellung	1,75E-01	2,86E-02			6,84E-03	9,04E-02
	Infrastruktur						
	Summe	<b>1,94E-01</b>	<b>5,20E-01</b>	<b>1,49E-02</b>	<b>1,07E-02</b>	<b>9,89E-03</b>	<b>1,15E-01</b>
Personenzug (Diesel)	Auspuff/Betrieb	1,38E-01	2,03E+00		1,23E-01		1,08E-01
	Abrieb						
	Bau	1,93E-01	9,91E-02			2,30E-02	3,12E-02
	Wartung	6,95E-02	5,60E-02			7,01E-03	1,26E-01
	Entsorgung	8,90E-05	6,29E-04			3,43E-05	1,34E-04
	Kraftstoff- bereitstellung						
	Infrastruktur						
	Summe	<b>4,01E-01</b>	<b>2,18E+00</b>		<b>1,23E-01</b>	<b>3,01E-02</b>	<b>2,65E-01</b>

		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NMVOC
Personen zug (elektrisch)	Auspuff/Betrieb	2,22E-02	2,17E-02		1,43E-03		9,89E-04
	Abrieb						
	Bau	4,44E-02	2,27E-02			5,29E-03	7,16E-03
	Wartung	1,60E-02	1,29E-02			1,61E-03	2,90E-02
	Entsorgung	2,04E-05	1,44E-04			7,87E-06	3,07E-05
	Kraftstoff- bereitstellung						
	Infrastruktur						
	Summe	<b>8,25E-02</b>	<b>5,74E-02</b>		<b>1,43E-03</b>	<b>6,90E-03</b>	<b>3,72E-02</b>
S-Bahn, Nahverkehrszug (80% elektrisch + 20% Diesel)	Auspuff/Betrieb	4,54E-02	4,23E-01		2,57E-02		2,23E-02
	Abrieb						
	Bau	7,42E-02	3,80E-02			8,83E-03	1,20E-02
	Wartung	2,67E-02	2,15E-02			2,69E-03	4,85E-02
	Entsorgung	3,41E-05	2,41E-04			1,32E-05	5,13E-05
	Kraftstoff- bereitstellung						
	Infrastruktur						
	Summe	<b>1,46E-01</b>	<b>4,83E-01</b>		<b>2,57E-02</b>	<b>1,15E-02</b>	<b>8,28E-02</b>
Fernzug / Bahn	Auspuff/Betrieb	2,22E-02	2,17E-02		1,43E-03		9,89E-04
	Abrieb						
	Bau	4,44E-02	2,27E-02			5,29E-03	7,16E-03
	Wartung	1,60E-02	1,29E-02			1,61E-03	2,90E-02
	Entsorgung	2,04E-05	1,44E-04			7,87E-06	3,07E-05
	Kraftstoff- bereitstellung						
	Infrastruktur						
	Summe	<b>8,25E-02</b>	<b>5,74E-02</b>		<b>1,43E-03</b>	<b>6,90E-03</b>	<b>3,72E-02</b>
U-Bahn, Straßenbahn	Auspuff/Betrieb	4,54E-02	4,23E-01		2,57E-02		2,23E-02
	Abrieb						
	Bau	4,44E-02	2,27E-02			5,29E-03	7,16E-03
	Wartung	1,60E-02	1,29E-02			1,61E-03	2,90E-02
	Entsorgung	2,04E-05	1,44E-04			7,87E-06	3,07E-05
	Kraftstoff- bereitstellung						
	Infrastruktur						
	Summe	<b>1,06E-01</b>	<b>4,59E-01</b>		<b>2,57E-02</b>	<b>6,90E-03</b>	<b>5,85E-02</b>

Quellen: Schwermer et al. 2014; Mottschall und Bergmann 2013; eigene Berechnung

Tab. 180: Emissionsfaktoren Mobilität, Teil 2 (g/Pkm)

		NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> e
MIV (Diesel)	Auspuff	4,51E-04	6,82E+01	1,75E-04	2,27E-03	6,89E+01
	Abrieb					
	Bau		1,75E+01			1,75E+01
	Wartung		3,29E+00			3,29E+00
	Entsorgung		1,70E+00			1,70E+00
	Kraftstoff- bereitstellung		3,02E+01			3,02E+01
	Infrastruktur					8,00E-01
	<b>Summe</b>	<b>4,51E-04</b>	<b>1,21E+02</b>	<b>1,75E-04</b>	<b>2,27E-03</b>	<b>1,22E+02</b>
MIV (Benzin)	Gewichteter Mittelwert	2,24E-02	7,89E+01	1,42E-03	9,63E-04	7,92E+01
	Abrieb					
	Bau		1,75E+01			1,75E+01
	Wartung		3,29E+00			3,29E+00
	Entsorgung		1,70E+00			1,70E+00
	Kraftstoff- bereitstellung		5,30E+01			5,30E+01
	Infrastruktur					8,00E-01
	<b>Summe</b>	<b>2,24E-02</b>	<b>1,54E+02</b>	<b>1,42E-03</b>	<b>9,63E-04</b>	<b>1,55E+02</b>
Linienbus (Diesel)	Auspuff/Betrieb	1,46E-04	4,86E+01	5,74E-04	3,87E-04	4,87E+01
	Abrieb					
	Bau		3,70E+00			3,70E+00
	Wartung		1,98E+00			1,98E+00
	Entsorgung		1,54E-01			1,54E-01
	Kraftstoff- bereitstellung		1,64E+01			1,64E+01
	Infrastruktur					1,00E-01
	<b>Summe</b>	<b>1,46E-04</b>	<b>7,09E+01</b>	<b>5,74E-04</b>	<b>3,87E-04</b>	<b>7,11E+01</b>
Reisebus (Diesel)	Auspuff/Betrieb	2,05E-04	5,33E+01	4,79E-04	4,50E-04	5,35E+01
	Abrieb					
	Bau		4,13E+00			4,13E+00
	Wartung		2,21E+00			2,21E+00
	Entsorgung		1,72E-01			1,72E-01
	Kraftstoff- bereitstellung		1,84E+01			1,84E+01
	Infrastruktur					0,00E+00
	<b>Summe</b>	<b>2,05E-04</b>	<b>7,82E+01</b>	<b>4,79E-04</b>	<b>4,50E-04</b>	<b>7,83E+01</b>

		NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> e
Personenzug (Diesel)	Auspuff/Betrieb		1,14E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,14E+02
	Abrieb					
	Bau		4,56E+01			4,56E+01
	Wartung		2,97E+01			2,97E+01
	Entsorgung		1,24E-01			1,24E-01
	Kraftstoff-bereitstellung					
	Infrastruktur					
	Summe		<b>1,90E+02</b>			<b>1,90E+02</b>
Personenzug (elektrisch)	Auspuff/Betrieb		4,12E+01	1,36E-01		4,46E+01
	Abrieb					
	Bau		1,05E+01			1,05E+01
	Wartung		6,82E+00			6,82E+00
	Entsorgung		2,84E-02			2,84E-02
	Kraftstoff-bereitstellung					
	Infrastruktur					
	Summe		<b>5,85E+01</b>			<b>6,19E+01</b>
S-Bahn, Nahverkehrszug (80% elektrisch + 20% Diesel)	Auspuff/Betrieb		5,59E+01	1,09E-01		5,86E+01
	Abrieb					
	Bau		1,75E+01			1,75E+01
	Wartung		1,14E+01			1,14E+01
	Entsorgung		4,75E-02			4,75E-02
	Kraftstoff-bereitstellung					
	Infrastruktur					1,53E+01
	Summe		<b>8,48E+01</b>	<b>1,09E-01</b>		<b>1,03E+02</b>
Fernzug / Bahn	Auspuff/Betrieb		4,12E+01	1,36E-01		4,46E+01
	Abrieb					
	Bau		1,05E+01			1,05E+01
	Wartung		6,82E+00			6,82E+00
	Entsorgung		2,84E-02			2,84E-02
	Kraftstoff-bereitstellung					
	Infrastruktur					1,13E+01
	Summe		<b>5,85E+01</b>	<b>1,36E-01</b>		<b>7,32E+01</b>
U-Bahn, Straßenbahn	Auspuff/Betrieb		5,59E+01	1,09E-01		5,86E+01
	Abrieb					
	Bau		1,05E+01			1,05E+01
	Wartung		6,82E+00			6,82E+00
	Entsorgung		2,84E-02			2,84E-02
	Kraftstoff-bereitstellung					
	Infrastruktur					1,53E+01
	Summe		<b>7,32E+01</b>	<b>1,09E-01</b>		<b>9,12E+01</b>

Tab. 181: Emissionsfaktoren Flugzeug aus GEMIS v4.94 (g/Pkm)

Schadstoff	Flugzeug-Passagiere- Inland-DE-2010	Flugzeug-Passagiere- international-DE-2010
SO <sub>2</sub>	7,33E-01	4,75E-01
NO <sub>x</sub>	9,31E-01	6,03E-01
PM <sub>10</sub>	1,24E-02	8,29E-03
NM VOC	1,31E-01	8,51E-02
NH <sub>3</sub>	1,93E-04	1,27E-04
CO <sub>2</sub>	2,36E+02	1,53E+02
CH <sub>4</sub>	5,98E-02	3,91E-02
N <sub>2</sub> O	9,07E-04	5,90E-04
Perfluormethan	4,86E-06	6,01E-06
Perfluoraethan	6,15E-07	7,60E-07
CO <sub>2</sub> -Äquivalent	2,38E+02	1,55E+02

Quellen: IINAS 2015; eigene Berechnung

Tab. 182: Luftschadstoffemissionen der Mobilität im Jahr 2008 (g/P/a)

Dezile	MIV Benzin	MIV Diesel	S-Bahn, Nahverkehrs-zug	U-Bahn, Straßenbahn	Linienbus, Stadtbus	Reisebus	Fernzug / Bahn	Flugzeug	Gesamt
<b>SO<sub>2</sub></b>									
1	1.227	440	53	27	102	59	98	481	2.488
2	1.965	704	53	27	102	59	98	586	3.595
3	2.616	804	40	19	89	113	58	825	4.564
4	2.939	903	40	19	89	113	58	922	5.083
5	2.874	1.426	43	16	108	107	58	742	5.373
6	3.143	1.559	43	16	108	107	58	1.094	6.127
7	3.271	1.769	29	21	117	81	86	1.276	6.651
8	3.537	1.912	29	21	117	81	86	1.420	7.203
9	2.914	2.792	21	19	129	71	138	2.434	8.518
10	3.330	3.190	21	19	129	71	138	4.263	11.161
Ø	<b>2.782</b>	<b>1.550</b>	<b>37</b>	<b>20</b>	<b>109</b>	<b>86</b>	<b>88</b>	<b>1.404</b>	<b>6.076</b>
<b>NO<sub>x</sub></b>									
1	488	413	176	118	296	157	68	610	2.327
2	781	660	176	118	296	157	68	744	3.001
3	1.040	753	133	82	258	301	40	1.047	3.655
4	1.168	846	133	82	258	301	40	1.170	3.999
5	1.142	1.337	142	69	312	286	40	941	4.269
6	1.249	1.462	142	69	312	286	40	1.387	4.948
7	1.300	1.658	97	89	340	216	60	1.618	5.379
8	1.406	1.792	97	89	340	216	60	1.801	5.801
9	1.158	2.617	69	84	375	190	96	3.087	7.676
10	1.324	2.990	69	84	375	190	96	5.406	10.535
Ø	<b>1.106</b>	<b>1.453</b>	<b>123</b>	<b>89</b>	<b>316</b>	<b>231</b>	<b>61</b>	<b>1.781</b>	<b>5.159</b>
<b>Abrieb: PM<sub>10</sub> (außer bei Flugzeug, hier gesamt PM<sub>10</sub>)</b>									
1	39	21	0	0	14	5	0	8	87
2	63	33	0	0	14	5	0	10	125
3	84	38	0	0	12	9	0	14	157
4	94	42	0	0	12	9	0	16	173
5	92	67	0	0	15	8	0	13	195
6	101	73	0	0	15	8	0	19	216
7	105	83	0	0	16	6	0	22	232
8	113	89	0	0	16	6	0	25	250
9	93	131	0	0	18	5	0	42	289
10	106	149	0	0	18	5	0	74	353
Ø	<b>89</b>	<b>72</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>208</b>



Auspuff: PM <sub>2.5</sub>									
1	3	12	7	15	4	11	2	0	52
2	5	19	7	15	4	13	2	0	64
3	6	22	5	13	7	18	1	0	72
4	7	24	5	13	7	20	1	0	78
5	7	38	4	16	7	16	1	0	89
6	8	42	4	16	7	24	1	0	101
7	8	48	5	17	5	28	1	0	113
8	9	52	5	17	5	31	1	0	120
9	7	75	5	19	4	53	2	0	166
10	8	86	5	19	4	94	2	0	218
Ø	7	42	5	16	5	32	2	0	108
Sonstiges: PM <sub>2.5</sub>									
1	56	23	3	4	3	10	8	0	107
2	90	36	3	4	3	12	8	0	156
3	120	42	2	4	5	17	5	0	194
4	135	47	2	4	5	19	5	0	216
5	132	74	2	4	5	15	5	0	236
6	144	81	2	4	5	22	5	0	263
7	150	92	2	5	4	26	7	0	285
8	162	99	2	5	4	29	7	0	308
9	134	145	2	5	3	49	12	0	349
10	153	165	2	5	3	86	12	0	426
Ø	128	80	7	4	3	7	7	0	237
NMVOC									
1	477	216	30	15	64	35	44	86	968
2	764	346	30	15	64	35	44	105	1.404
3	1.018	395	23	11	56	67	26	148	1.742
4	1.143	443	23	11	56	67	26	165	1.934
5	1.118	700	24	9	68	63	26	133	2.141
6	1.222	766	24	9	68	63	26	196	2.374
7	1.272	869	17	11	74	48	39	228	2.558
8	1.376	939	17	11	74	48	39	254	2.757
9	1.134	1.371	12	11	81	42	62	435	3.148
10	1.295	1.566	12	11	81	42	62	763	3.832
Ø	1.082	761	21	11	68	51	40	251	2.286
NH <sub>3</sub>									
1	48	1	0	0	0	0	0	0	49
2	77	1	0	0	0	0	0	0	78
3	102	1	0	0	0	0	0	0	103
4	115	1	0	0	0	0	0	0	116
5	112	2	0	0	0	0	0	0	114
6	123	2	0	0	0	0	0	0	125
7	128	2	0	0	0	0	0	0	130
8	138	2	0	0	0	0	0	0	141
9	114	3	0	0	0	0	0	1	118
10	130	4	0	0	0	0	0	1	135
Ø	109	2	0	0	0	0	0	0	111

Quellen: FDZ 2010; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; eigene Berechnung

Tab. 183: Luftschadstoffemissionen der Mobilität im Jahr 2013 (g/P/a)

Dezile	MIV Benzin	MIV Diesel	S-Bahn, Nahverkehrs-zug	U-Bahn, Straßenbahn	Linienbus, Stadtbus	Reisebus	Fernzug / Bahn	Flugzeug	Gesamt
<b>SO<sub>2</sub></b>									
<b>1</b>	1.120	429	53	27	102	59	98	661	2.548
<b>2</b>	1.822	698	53	27	102	59	98	764	3.623
<b>3</b>	2.464	808	40	19	89	113	58	892	4.483
<b>4</b>	2.855	937	40	19	89	113	58	1.055	5.166
<b>5</b>	2.779	1.471	43	16	108	107	58	928	5.509
<b>6</b>	2.937	1.556	43	16	108	107	58	1.089	5.913
<b>7</b>	3.080	1.779	29	21	117	81	86	1.190	6.383
<b>8</b>	3.296	1.903	29	21	117	81	86	1.694	7.227
<b>9</b>	2.746	2.806	21	19	129	71	138	2.655	8.586
<b>10</b>	3.151	3.223	21	19	129	71	138	4.704	11.456
<b>Ø</b>	2.625	1.561	37	20	109	86	88	1.563	6.089
<b>NO<sub>x</sub></b>									
<b>1</b>	445	402	176	118	296	157	68	838	2.501
<b>2</b>	724	654	176	118	296	157	68	969	3.163
<b>3</b>	979	758	133	82	258	301	40	1.131	3.683
<b>4</b>	1.135	878	133	82	258	301	40	1.338	4.166
<b>5</b>	1.104	1.379	142	69	312	286	40	1.177	4.510
<b>6</b>	1.167	1.459	142	69	312	286	40	1.381	4.856
<b>7</b>	1.224	1.667	97	89	340	216	60	1.509	5.202
<b>8</b>	1.310	1.784	97	89	340	216	60	2.148	6.044
<b>9</b>	1.092	2.631	69	84	375	190	96	3.367	7.904
<b>10</b>	1.252	3.021	69	84	375	190	96	5.966	11.053
<b>Ø</b>	1.043	1.463	123	89	316	231	61	1.982	5.308
<b>Abrieb: PM<sub>10</sub> (außer bei Flugzeug, hier gesamt PM<sub>10</sub>)</b>									
<b>1</b>	36	20	0	0	14	5	0	11	86
<b>2</b>	58	33	0	0	14	5	0	13	123
<b>3</b>	79	38	0	0	12	9	0	16	153
<b>4</b>	91	44	0	0	12	9	0	18	174
<b>5</b>	89	69	0	0	15	8	0	16	197
<b>6</b>	94	73	0	0	15	8	0	19	209
<b>7</b>	99	83	0	0	16	6	0	21	225
<b>8</b>	105	89	0	0	16	6	0	29	246
<b>9</b>	88	131	0	0	18	5	0	46	289
<b>10</b>	101	151	0	0	18	5	0	82	357
<b>Ø</b>	84	73	0	0	15	7	0	27	206

Auspuff: PM <sub>2.5</sub>									
1	3	12	7	15	4	11	2	0	52
2	5	19	7	15	4	13	2	0	63
3	6	22	5	13	7	18	1	0	72
4	7	25	5	13	7	20	1	0	78
5	7	40	4	16	7	16	1	0	90
6	7	42	4	16	7	24	1	0	101
7	8	48	5	17	5	28	1	0	112
8	8	51	5	17	5	31	1	0	119
9	7	76	5	19	4	53	2	0	166
10	8	87	5	19	4	94	2	0	219
Ø	7	42	5	16	5	32	2	0	108
Sonstiges: PM <sub>2.5</sub>									
1	51	22	3	4	3	10	8	0	101
2	84	36	3	4	3	12	8	0	149
3	113	42	2	4	5	17	5	0	187
4	131	49	2	4	5	19	5	0	214
5	127	76	2	4	5	15	5	0	234
6	135	81	2	4	5	22	5	0	253
7	141	92	2	5	4	26	7	0	277
8	151	99	2	5	4	29	7	0	296
9	126	145	2	5	3	49	12	0	343
10	144	167	2	5	3	86	12	0	420
Ø	120	81	7	4	3	7	7	0	231
NMVOC									
1	436	210	30	15	64	35	44	118	953
2	709	342	30	15	64	35	44	137	1.376
3	958	397	23	11	56	67	26	160	1.697
4	1.110	460	23	11	56	67	26	189	1.941
5	1.081	722	24	9	68	63	26	166	2.159
6	1.142	764	24	9	68	63	26	195	2.291
7	1.198	873	17	11	74	48	39	213	2.473
8	1.282	934	17	11	74	48	39	303	2.708
9	1.068	1.378	12	11	81	42	62	475	3.129
10	1.226	1.582	12	11	81	42	62	841	3.857
Ø	1.021	766	21	11	68	51	40	280	2.259
NH <sub>3</sub>									
1	44	0	0	0	0	0	0	0	45
2	71	1	0	0	0	0	0	0	72
3	96	1	0	0	0	0	0	0	97
4	111	1	0	0	0	0	0	0	113
5	108	2	0	0	0	0	0	0	111
6	115	2	0	0	0	0	0	0	117
7	120	2	0	0	0	0	0	0	123
8	129	2	0	0	0	0	0	0	131
9	107	3	0	0	0	0	0	1	111
10	123	4	0	0	0	0	0	1	128
Ø	102	2	0	0	0	0	0	0	105

Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; eigene Berechnung

Tab. 184: Externe Kosten der Mobilität nach Kostenarten im Jahr 2008 (€/P/a)

Dezile	MIV Benzin	MIV Diesel	S-Bahn, Nah- verkehrs- zug	U-Bahn, Stra- ßen- bahn	Linien- bus, Stadt- bus	Reise- bus	Fernzug / Bahn	Flug- zeug	Gesamt
<b>Treibhausgase</b>									
1	26	11	3	2	3	2	7	25	78
2	42	17	3	2	3	2	7	30	106
3	56	20	2	1	3	4	4	42	132
4	63	22	2	1	3	4	4	47	146
5	61	35	2	1	3	3	4	38	149
6	67	38	2	1	3	3	4	56	176
7	70	43	2	1	4	3	6	65	194
8	75	47	2	1	4	3	6	73	211
9	62	69	1	1	4	2	10	125	274
10	71	78	1	1	4	2	10	219	387
Ø	59	38	2	1	4	3	6	72	185
<b>Luftschadstoffe</b>									
1	30	16	4	2	9	4	3	16	84
2	48	26	4	2	9	4	3	19	115
3	64	30	3	2	8	8	2	27	142
4	72	34	3	2	8	8	2	31	157
5	70	53	3	1	9	7	2	25	170
6	77	58	3	1	9	7	2	36	194
7	80	66	2	2	10	6	2	42	210
8	86	72	2	2	10	6	2	47	227
9	71	105	1	2	11	5	4	81	279
10	81	120	1	2	11	5	4	142	365
Ø	68	58	3	2	9	6	3	47	194
<b>Lärm</b>									
1	10	5	0	0	2	1	1	13	33
2	17	9	0	0	2	1	1	16	46
3	22	10	0	0	1	2	1	23	59
4	25	11	0	0	1	2	1	26	66
5	24	18	0	0	2	2	1	21	67
6	26	19	0	0	2	2	1	31	81
7	27	22	0	0	2	1	1	36	89
8	30	23	0	0	2	1	1	40	97
9	24	34	0	0	2	1	1	68	132
10	28	39	0	0	2	1	1	119	191
Ø	23	19	0	0	2	1	1	39	86

Dezile	MIV Benzin	MIV Diesel	S-Bahn, Nah- verkehrs- zug	U-Bahn, Stra- ßen- bahn	Linien- bus, Stadt- bus	Reise- bus	Fernzug / Bahn	Flug- zeug	Gesamt
<b>Unfälle</b>									
<b>1</b>	23	12	0	0	2	1	0	0	39
<b>2</b>	37	19	0	0	2	1	0	0	60
<b>3</b>	49	22	0	0	2	2	0	0	76
<b>4</b>	55	25	0	0	2	2	0	0	85
<b>5</b>	54	39	0	0	3	2	0	0	98
<b>6</b>	59	43	0	0	3	2	0	0	107
<b>7</b>	61	48	0	0	3	2	0	0	115
<b>8</b>	66	52	0	0	3	2	0	0	124
<b>9</b>	55	76	0	0	3	1	0	1	137
<b>10</b>	62	87	0	0	3	1	0	1	156
<b>Ø</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

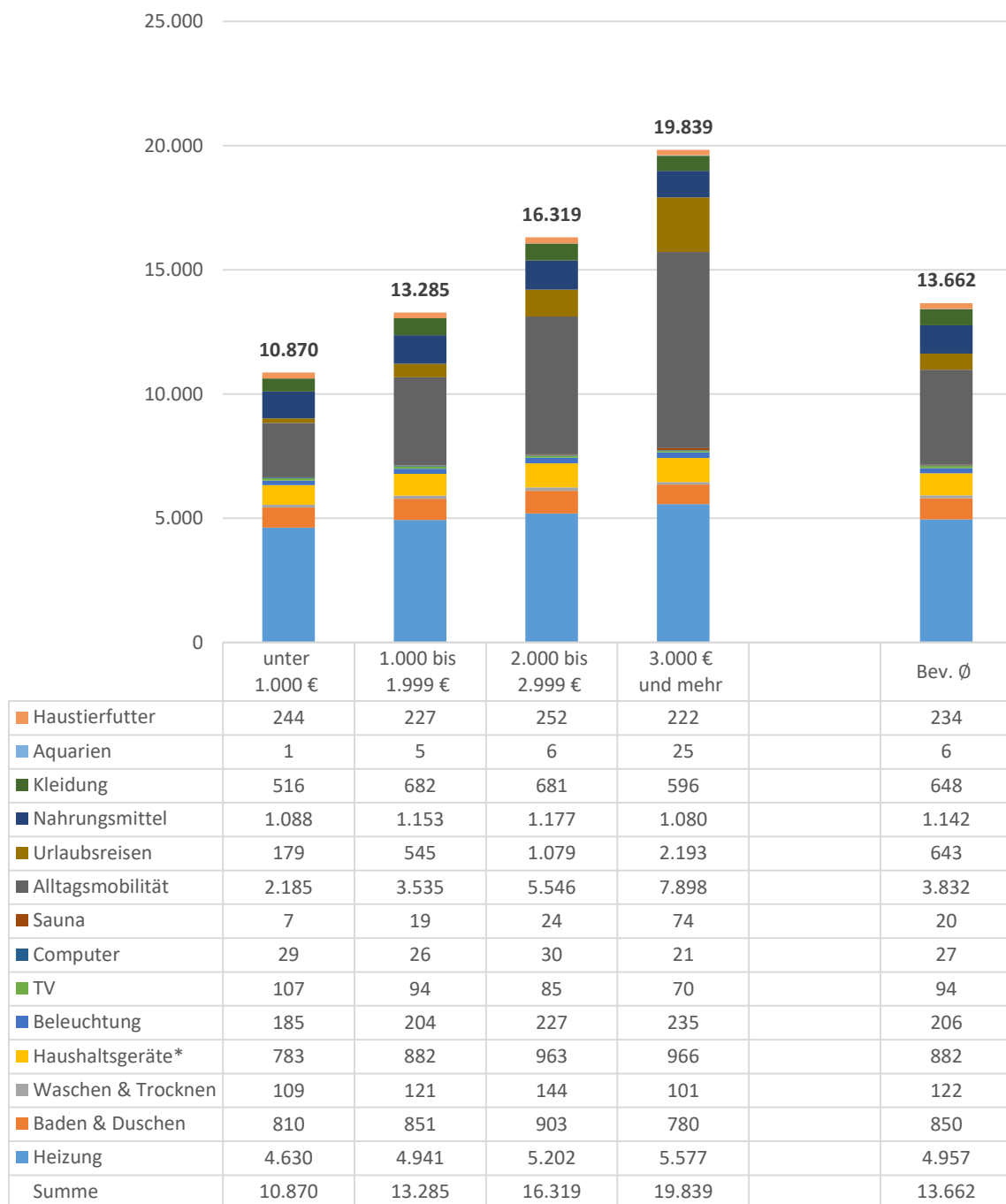
Quellen: FDZ 2010; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; van Essen et al. 2011; eigene Berechnung

Tab. 185: Externe Kosten der Mobilität nach Kostenarten im Jahr 2013 (€/Jahr/Person)

Dezile	MIV Benzin	MIV Diesel	S-Bahn, Nah- verkehrs- zug	U-Bahn, Stra- ßen- bahn	Linien- bus, Stadt- bus	Reise- bus	Fernzug / Bahn	Flug- zeug	Gesamt
<b>Treibhausgase</b>									
<b>1</b>	26	11	3	2	4	2	7	36	91
<b>2</b>	42	18	3	2	4	2	7	42	120
<b>3</b>	56	21	2	1	3	4	4	49	142
<b>4</b>	65	25	2	1	3	4	4	58	163
<b>5</b>	64	39	3	1	4	4	4	51	169
<b>6</b>	67	41	3	1	4	4	4	60	183
<b>7</b>	70	47	2	1	4	3	6	65	199
<b>8</b>	75	50	2	1	4	3	6	93	235
<b>9</b>	63	74	1	1	4	2	10	146	303
<b>10</b>	72	85	1	1	4	2	10	259	435
<b>Ø</b>	<b>60</b>	<b>41</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>86</b>	<b>204</b>
<b>Luftschadstoffe</b>									
<b>1</b>	29	17	4	2	9	4	3	24	93
<b>2</b>	48	28	4	2	9	4	3	27	126
<b>3</b>	64	32	3	2	8	8	2	32	151
<b>4</b>	74	38	3	2	8	8	2	38	172
<b>5</b>	73	59	3	1	10	8	2	33	189
<b>6</b>	77	63	3	1	10	8	2	39	202
<b>7</b>	80	71	2	2	11	6	3	42	217
<b>8</b>	86	76	2	2	11	6	3	60	246
<b>9</b>	72	113	2	2	12	5	4	95	304
<b>10</b>	82	130	2	2	12	5	4	168	404
<b>Ø</b>	<b>69</b>	<b>63</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>56</b>	<b>210</b>
<b>Lärm</b>									
<b>1</b>	10	6	0	0	2	1	1	20	40
<b>2</b>	16	9	0	0	2	1	1	23	53
<b>3</b>	22	11	0	0	2	2	1	27	64
<b>4</b>	26	12	0	0	2	2	1	32	74
<b>5</b>	25	19	0	0	2	2	1	28	77
<b>6</b>	26	20	0	0	2	2	1	33	84
<b>7</b>	28	23	0	0	2	1	1	36	91
<b>8</b>	30	25	0	0	2	1	1	51	110
<b>9</b>	25	37	0	0	2	1	1	80	146
<b>10</b>	28	42	0	0	2	1	1	141	217
<b>Ø</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>47</b>	<b>96</b>

Dezile	MIV Benzin	MIV Diesel	S-Bahn, Nah- verkehrs- zug	U-Bahn, Stra- ßen- bahn	Linien- bus, Stadt- bus	Reise- bus	Fernzug / Bahn	Flug- zeug	Gesamt
Unfälle									
<b>1</b>	22	13	0	0	3	1	0	0	40
<b>2</b>	37	20	0	0	3	1	0	0	62
<b>3</b>	49	24	0	0	2	3	0	0	79
<b>4</b>	57	27	0	0	2	3	0	0	90
<b>5</b>	56	43	0	0	3	2	0	0	105
<b>6</b>	59	46	0	0	3	2	0	0	110
<b>7</b>	62	52	0	0	3	2	0	0	120
<b>8</b>	66	56	0	0	3	2	0	1	128
<b>9</b>	55	82	0	0	3	2	0	1	144
<b>10</b>	63	95	0	0	3	2	0	2	165
<b>Ø</b>	<b>53</b>	<b>46</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>104</b>

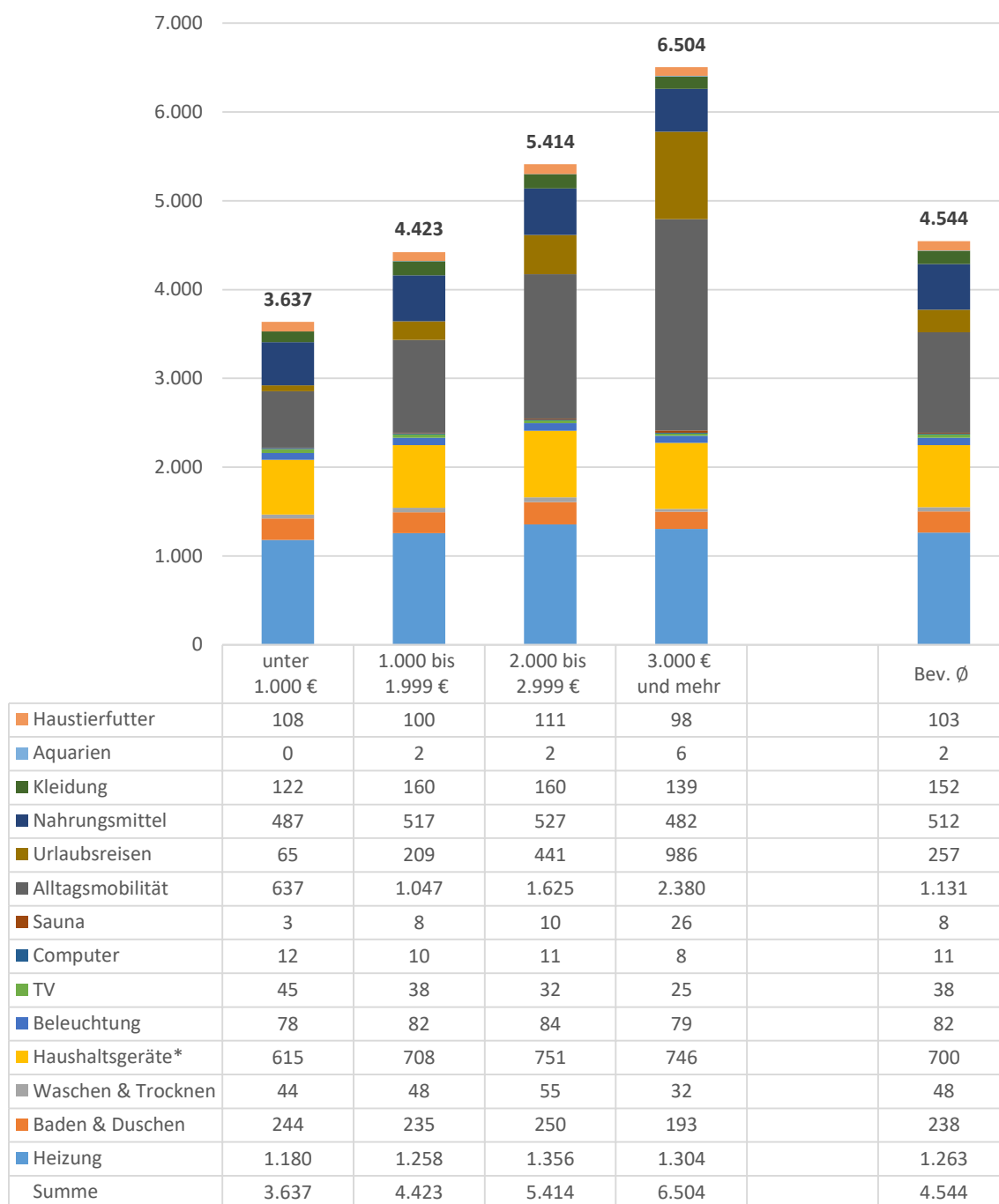
Quellen: FDZ 2016; BMVBS 2010; BMWi 2014; Schwermer et al. 2014; IINAS 2015; Mottschall und Bergmann 2013; van Essen et al. 2011; eigene Berechnung

**Schaubild 148: Energieverbräuche der ECOLOG-Erhebung (kWh/Kopf/Jahr)**

\*Kühlen/Gefrieren/Kochen/Geschirrspülen

*Quellen: Kleinhüeckelkotten et al. 2016; eigene Darstellung*



**Schaubild 149: THG-Emissionen der Energieverbräuche der ECOLOG-Erhebung (kg CO<sub>2</sub>e/Kopf/Jahr)**

\*Kühlen/Gefrieren/Kochen/Geschirrspülen

Quellen: Kleinhüchelkotten et al. 2016; eigene Darstellung

Tab. 186: Preise nach der Internalisierung (Ct/kWh)

Dezil	Haus- halts- strom	Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sons- tige Wärme	MIV Benzin	MIV Diesel	Flug- zeug
1	39,0	27,5	11,3	11,4	7,3	12,5	11,4	25,4	25,3	20,4
2	38,2	27,5	11,1	11,4	7,3	12,5	11,9	25,4	25,3	20,4
3	37,5	27,5	11,0	11,3	7,3	12,5	9,4	25,4	25,3	23,8
4	37,4	27,5	10,8	11,4	7,3	12,5	10,9	25,4	25,3	23,8
5	37,2	27,5	10,8	11,3	7,3	12,5	12,0	25,4	25,3	26,9
6	37,3	27,5	10,6	11,3	7,3	12,5	14,8	25,4	25,3	26,9
7	36,9	27,5	11,2	11,4	7,3	12,5	9,2	25,4	25,3	26,5
8	37,2	27,5	10,7	11,3	7,3	12,5	10,6	25,4	25,3	26,5
9	36,7	27,5	10,8	11,3	7,3	12,5	10,6	25,3	25,3	23,8
10	36,9	27,5	10,6	11,3	7,3	12,5	10,2	25,3	25,3	23,8
Ø	37,4	27,5	10,9	11,3	7,3	12,5	10,5	25,4	25,3	24,4

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Tab. 187: Verbrauch nach der Internalisierung in der kurzen Frist (kWh/P/a)

Dezil	Haus- halts- strom	Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sons- tige Wärme	MIV Benzin	MIV Diesel	Flug- zeug
1	1.032	109	1.754	780	325	1.170	17	804	354	123
2	1.043	109	1.882	1.122	377	1.079	11	1.308	576	142
3	1.114	130	2.084	1.401	472	880	28	1.769	668	439
4	1.136	111	2.298	1.640	512	706	12	2.050	774	519
5	1.197	130	2.399	1.570	515	723	8	1.995	1.215	582
6	1.188	126	2.463	2.199	611	639	13	2.108	1.285	683
7	1.250	140	2.413	1.870	652	633	57	2.211	1.469	732
8	1.268	116	2.656	2.222	747	548	22	2.366	1.572	1.043
9	1.306	132	3.026	2.177	704	533	17	1.971	2.317	1.306
10	1.540	111	3.773	2.678	746	584	16	2.262	2.660	2.313
Ø	1.207	121	2.475	1.766	566	750	20	1.884	1.289	788

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Tab. 188: Verbrauch nach der Internalisierung in der langen Frist (kWh/P/a)

Dezil	Dezil	Haus- halts- strom	Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sons- tige Wärme	MIV Benzin	MIV Diesel
<b>1</b>	977	102	1.642	717	296	1.099	17	676	275	74
<b>2</b>	981	100	1.744	1.016	338	999	10	1.096	445	78
<b>3</b>	1.041	119	1.910	1.247	414	804	26	1.475	512	385
<b>4</b>	1.056	100	2.079	1.435	440	637	11	1.702	589	448
<b>5</b>	1.107	115	2.149	1.350	434	643	7	1.649	918	530
<b>6</b>	1.093	111	2.178	1.857	503	560	12	1.736	964	616
<b>7</b>	1.144	122	2.129	1.553	526	547	52	1.812	1.094	651
<b>8</b>	1.155	99	2.301	1.810	589	467	20	1.931	1.161	917
<b>9</b>	1.182	111	2.596	1.741	543	448	15	1.601	1.699	1.033
<b>10</b>	1.388	93	3.193	2.098	561	483	15	1.829	1.936	1.797
<b>Ø</b>	<b>1.115</b>	<b>107</b>	<b>2.207</b>	<b>1.505</b>	<b>472</b>	<b>662</b>	<b>19</b>	<b>1.554</b>	<b>970</b>	<b>653</b>

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Tab. 189: Emissionen vor der Internalisierung im Jahr 2013 (kg/P/a bei CO<sub>2</sub>e, sonst g/P/a)

Dezil	Haus- halts- strom	Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sonstige Wärme	MIV Benzin	MIV Diesel	Flugzeug	Dezil
<b>CO<sub>2</sub>e</b>											
1	674	74	463	280	16	402	5	303	133	215	2.562
2	682	73	497	403	18	370	3	493	217	248	3.003
3	729	88	551	503	23	302	7	666	252	290	3.410
4	743	75	608	588	25	242	3	772	292	343	3.690
5	783	87	635	563	25	248	2	751	458	302	3.854
6	777	85	652	789	29	219	3	794	484	354	4.188
7	819	94	637	671	31	217	15	833	554	387	4.258
8	830	78	703	797	36	188	6	891	592	551	4.672
9	856	89	801	781	34	183	5	743	873	863	5.227
10	1.009	75	999	961	36	201	4	852	1.003	1.529	6.669
Ø	790	82	654	634	27	257	5	710	486	508	4.153
<b>SO<sub>2</sub></b>											
1	375	41	22	250	65	183	0	1.120	429	661	3.146
2	379	41	24	361	76	168	0	1.822	698	764	4.332
3	405	49	27	450	95	137	0	2.464	808	892	5.327
4	413	41	29	527	103	110	0	2.855	937	1.055	6.071
5	436	48	31	505	104	113	0	2.779	1.471	928	6.414
6	432	47	31	707	123	100	0	2.937	1.556	1.089	7.022
7	455	53	31	601	131	99	1	3.080	1.779	1.190	7.419
8	461	43	34	714	150	86	0	3.296	1.903	1.694	8.383
9	476	49	39	700	142	83	0	2.746	2.806	2.655	9.697
10	561	42	48	861	150	91	0	3.151	3.223	4.704	12.831
Ø	439	45	32	568	114	117	0	2.625	1.561	1.563	7.064
<b>NO<sub>x</sub></b>											
1	624	68	345	189	74	536	3	445	402	838	3.523
2	631	68	370	272	86	494	2	724	654	969	4.270
3	675	81	410	340	108	403	6	979	758	1.131	4.890
4	688	69	453	397	117	323	2	1.135	878	1.338	5.401
5	725	81	473	381	118	331	2	1.104	1.379	1.177	5.770
6	720	78	486	533	140	292	2	1.167	1.459	1.381	6.258
7	758	87	475	453	149	290	11	1.224	1.667	1.509	6.624
8	768	72	524	539	171	251	4	1.310	1.784	2.148	7.571
9	792	82	596	528	161	244	3	1.092	2.631	3.367	9.497
10	934	69	744	649	170	268	3	1.252	3.021	5.966	13.077
Ø	731	76	488	428	129	343	4	1.043	1.463	1.982	6.688
<b>PM<sub>10</sub> (bei MIV nur Abrieb)</b>											
1	45	5	13	21	68	26	0	36	20	11	246
2	45	5	14	31	79	24	0	58	33	13	303
3	48	6	16	39	99	20	0	79	38	16	360
4	49	5	18	45	107	16	0	91	44	18	394
5	52	6	18	43	108	16	0	89	69	16	418
6	51	6	19	61	128	14	0	94	73	19	465
7	54	6	18	51	137	14	0	99	83	21	484
8	55	5	20	61	157	12	0	105	89	29	535
9	57	6	23	60	148	12	0	88	131	46	571
10	67	5	29	74	157	13	0	101	151	82	678
Ø	52	5	19	49	119	17	0	84	73	27	445

Dezil	Haus- halts- strom	Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sonstige Wärme	MIV Benzin	MIV Diesel	Flugzeug	Dezil
<b>Auspuff: PM<sub>2.5</sub></b>											
1								3	12		14
2								5	19		23
3								6	22		28
4								7	25		32
5								7	40		47
6								7	42		49
7								8	48		56
8								8	51		59
9								7	76		82
10								8	87		95
Ø								7	42		49
<b>Sonstiges: PM<sub>2.5</sub></b>											
1								51	22		74
2								84	36		120
3								113	42		155
4								131	49		179
5								127	76		204
6								135	81		215
7								141	92		233
8								151	99		250
9								126	145		271
10								144	167		311
Ø								120	81		201
<b>NMVOC</b>											
1	28	3	66	42	256	63	1	436	210	118	1.223
2	29	3	71	61	297	58	0	709	342	137	1.707
3	31	4	78	76	372	47	1	958	397	160	2.123
4	31	3	86	89	403	38	0	1.110	460	189	2.411
5	33	4	90	85	406	39	0	1.081	722	166	2.627
6	33	4	93	119	481	34	0	1.142	764	195	2.865
7	35	4	91	101	514	34	2	1.198	873	213	3.065
8	35	3	100	120	589	29	1	1.282	934	303	3.397
9	36	4	114	118	555	29	1	1.068	1.378	475	3.777
10	43	3	142	145	588	31	1	1.226	1.582	841	4.602
Ø	33	3	93	96	446	40	1	1.021	766	280	2.780
<b>NH<sub>3</sub></b>											
1	130	14	1,3	0,8	0,4	2,6	0,0	44	0	0	194
2	132	14	1,4	1,1	0,5	2,4	0,0	71	1	0	224
3	141	17	1,6	1,4	0,6	2,0	0,0	96	1	0	261
4	144	14	1,7	1,7	0,6	1,6	0,0	111	1	0	277
5	152	17	1,8	1,6	0,6	1,6	0,0	108	2	0	285
6	151	16	1,8	2,2	0,7	1,4	0,0	115	2	0	290
7	159	18	1,8	1,9	0,8	1,4	0,0	120	2	0	305
8	161	15	2,0	2,3	0,9	1,2	0,0	129	2	0	313
9	166	17	2,3	2,2	0,9	1,2	0,0	107	3	1	300
10	195	15	2,8	2,7	0,9	1,3	0,0	123	4	1	346
Ø	153	16	1,9	1,8	0,7	1,7	0,0	102	2	0	279

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Tab. 190: Emissionen nach der Internalisierung in der kurzen Frist (kg/P/a bei CO<sub>2</sub>e, sonst g/P/a)

Dezil	Haus- halts- strom	Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sonstige Wärme	MIV Benzin	MIV Diesel	Flugzeug	Dezil
<b>CO<sub>2</sub>e</b>											
1	639	68	438	249	13	362	4	267	107	38	2.186
2	645	67	471	359	16	334	3	434	175	44	2.547
3	689	81	521	448	20	272	7	586	203	137	2.964
4	703	69	574	524	21	219	3	680	235	162	3.189
5	740	80	600	502	21	224	2	661	369	182	3.381
6	735	78	616	703	25	198	3	699	390	213	3.660
7	773	87	603	598	27	196	14	733	446	229	3.706
8	784	72	664	710	31	170	5	784	477	326	4.023
9	808	81	756	696	29	165	4	653	703	408	4.305
10	953	69	943	856	31	181	4	750	807	723	5.316
Ø	747	75	619	564	24	232	5	625	391	246	3.528
<b>SO<sub>2</sub></b>											
1	355	38	21	223	57	165	0	986	345	118	2.307
2	359	37	23	321	66	152	0	1.604	562	136	3.260
3	383	45	25	401	82	124	0	2.169	651	422	4.302
4	391	38	28	469	89	99	0	2.513	754	499	4.881
5	412	45	29	449	90	102	0	2.446	1.185	559	5.316
6	409	43	30	630	106	90	0	2.585	1.253	656	5.802
7	430	48	29	535	114	89	1	2.711	1.432	704	6.093
8	436	40	32	636	130	77	0	2.901	1.532	1.002	6.787
9	449	45	37	623	123	75	0	2.416	2.259	1.255	7.282
10	530	38	46	767	130	82	0	2.773	2.594	2.223	9.182
Ø	415	42	30	506	99	106	0	2.310	1.257	758	5.521
<b>NO<sub>x</sub></b>											
1	591	63	327	168	64	483	3	392	323	150	2.564
2	597	62	351	242	75	446	2	638	527	173	3.112
3	638	75	388	302	93	363	5	862	610	535	3.872
4	651	63	428	354	101	292	2	999	707	633	4.230
5	685	74	447	339	102	299	1	972	1.111	709	4.739
6	680	72	459	475	121	264	2	1.027	1.174	833	5.107
7	716	80	449	404	129	262	11	1.077	1.342	893	5.364
8	726	66	495	480	148	226	4	1.153	1.436	1.271	6.005
9	748	75	564	470	139	220	3	960	2.117	1.592	6.889
10	882	64	703	578	148	241	3	1.102	2.431	2.819	8.971
Ø	691	70	461	381	112	310	4	918	1.178	961	5.085
<b>PM<sub>10</sub> (bei MIV nur Abrieb)</b>											
1	42	4	13	19	59	24	0	32	16	2	211
2	43	4	14	28	69	22	0	51	26	2	259
3	46	5	15	34	86	18	0	69	30	7	311
4	47	5	17	40	93	14	0	80	35	9	340
5	49	5	17	38	94	15	0	78	55	10	362
6	49	5	18	54	111	13	0	83	59	11	402
7	51	6	17	46	119	13	0	87	67	12	418
8	52	5	19	54	136	11	0	93	72	17	459
9	54	5	22	53	128	11	0	77	106	22	478
10	63	5	27	66	136	12	0	89	121	39	557
Ø	49	5	18	43	103	15	0	74	59	13	380

Dezil	Haus- halts- strom	Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sonstige Wärme	MIV Benzin	MIV Diesel	Flugzeug	Dezil
<b>Auspuff: PM<sub>2,5</sub></b>											
1								2	9		12
2								4	15		19
3								5	18		23
4								6	20		27
5								6	32		38
6								6	34		40
7								7	39		45
8								7	41		48
9								6	61		67
10								7	70		77
Ø								6	34		40
<b>Sonstiges: PM<sub>2,5</sub></b>											
1								45	18		63
2								74	29		103
3								99	34		133
4								115	39		154
5								112	61		173
6								118	65		183
7								124	74		198
8								133	79		212
9								111	117		228
10								127	134		261
Ø								106	65		171
<b>NMVOC</b>											
1	27	3	62	38	222	57	1	383	169	21	983
2	27	3	67	54	257	52	0	624	276	24	1.385
3	29	3	74	67	322	43	1	844	320	75	1.778
4	30	3	82	79	349	34	0	977	370	89	2.014
5	31	3	85	76	352	35	0	951	582	100	2.216
6	31	3	88	106	417	31	0	1.005	615	117	2.414
7	33	4	86	90	445	31	2	1.054	703	126	2.574
8	33	3	94	107	510	27	1	1.128	752	179	2.835
9	34	3	108	105	481	26	1	940	1.109	224	3.031
10	40	3	134	129	509	28	1	1.078	1.273	398	3.594
Ø	32	3	88	85	387	36	1	899	617	136	2.282
<b>NH<sub>3</sub></b>											
1	124	13	1,2	0,7	0,3	2,4	0,0	38	0	0	180
2	125	13	1,3	1,0	0,4	2,2	0,0	63	1	0	206
3	133	16	1,5	1,3	0,5	1,8	0,0	85	1	0	240
4	136	13	1,6	1,5	0,5	1,4	0,0	98	1	0	253
5	143	16	1,7	1,4	0,5	1,5	0,0	95	1	0	261
6	142	15	1,7	2,0	0,6	1,3	0,0	101	1	0	265
7	150	17	1,7	1,7	0,7	1,3	0,0	106	2	0	280
8	152	14	1,9	2,0	0,8	1,1	0,0	113	2	0	287
9	156	16	2,1	2,0	0,7	1,1	0,0	94	3	0	275
10	185	13	2,7	2,4	0,8	1,2	0,0	108	3	1	317
Ø	145	15	1,8	1,6	0,6	1,5	0,0	90	1	0	256

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Tab. 191: Emissionen nach der Internalisierung in der langen Frist (kg/P/a bei CO<sub>2</sub>e, sonst g/P/a)

Dezil	Haus- halts- strom	Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sonstige Wärme	MIV Benzin	MIV Diesel	Flugzeug	Dezil
<b>CO<sub>2</sub>e</b>											
1	604	63	410	229	12	340	4	224	83	23	1.995
2	607	62	436	325	14	309	3	363	135	24	2.278
3	644	73	477	398	17	249	7	489	155	120	2.631
4	654	62	520	459	18	197	3	564	179	140	2.794
5	685	71	537	431	18	199	2	547	279	165	2.934
6	677	68	544	593	21	173	3	575	292	192	3.140
7	708	75	532	496	22	169	13	601	332	203	3.152
8	715	61	575	578	24	145	5	640	352	287	3.383
9	731	69	649	556	23	139	4	531	516	323	3.539
10	859	57	798	670	23	150	4	606	587	561	4.317
Ø	690	66	552	481	20	205	5	515	294	204	3.031
<b>SO<sub>2</sub></b>											
1	336	35	20	205	52	155	0	829	268	71	1.971
2	337	34	21	291	59	141	0	1.343	434	75	2.735
3	358	41	23	357	72	113	0	1.808	499	370	3.641
4	363	34	25	411	77	90	0	2.086	574	430	4.091
5	381	40	26	386	76	91	0	2.022	895	509	4.425
6	376	38	26	532	88	79	0	2.128	940	592	4.798
7	393	42	26	444	92	77	1	2.222	1.066	625	4.988
8	397	34	28	518	103	66	0	2.367	1.132	882	5.527
9	407	38	31	498	95	63	0	1.962	1.657	993	5.744
10	478	32	39	601	98	68	0	2.242	1.888	1.727	7.171
Ø	383	37	27	431	82	93	0	1.905	946	627	4.532
<b>NO<sub>x</sub></b>											
1	560	58	306	155	59	454	3	329	251	91	2.266
2	562	57	325	219	67	413	2	534	406	95	2.680
3	596	68	356	269	82	332	5	719	468	469	3.363
4	605	57	387	310	87	263	2	829	538	546	3.624
5	634	66	400	291	86	266	1	803	839	646	4.032
6	626	63	406	401	100	231	2	846	881	751	4.306
7	655	70	397	335	104	226	10	883	1.000	793	4.472
8	662	57	429	391	117	193	4	941	1.061	1.118	4.971
9	677	64	483	376	107	185	3	780	1.553	1.259	5.487
10	795	53	595	453	111	200	3	891	1.769	2.190	7.060
Ø	638	61	411	325	93	273	3	757	886	796	4.245
<b>PM<sub>10</sub> (bei MIV nur Abrieb)</b>											
1	40	4	12	18	54	22	0	26	13	1	190
2	40	4	13	25	61	20	0	43	20	1	228
3	43	5	14	31	75	16	0	58	23	6	271
4	43	4	15	35	80	13	0	67	27	7	292
5	45	5	16	33	79	13	0	65	42	9	306
6	45	5	16	46	92	11	0	68	44	10	336
7	47	5	15	38	96	11	0	71	50	11	344
8	47	4	17	44	107	10	0	76	53	15	373
9	48	5	19	43	99	9	0	63	77	17	380
10	57	4	23	51	102	10	0	72	88	30	437
Ø	46	4	16	37	86	13	0	61	44	11	318



Dezil	Haus- halts- strom	Heiz- strom	Gas	Heiz- öl	Feste Brenn- stoffe	Fern- heizung	Sonstige Wärme	MIV Benzin	MIV Diesel	Flugzeug	Dezil
<b>Auspuff: PM<sub>2,5</sub></b>											
1								2	7		9
2								3	12		15
3								4	13		18
4								5	15		21
5								5	24		29
6								5	25		31
7								6	29		34
8								6	31		36
9								5	45		50
10								6	51		56
Ø								5	25		30
<b>Sonstiges: PM<sub>2,5</sub></b>											
1								38	14		52
2								62	22		84
3								83	26		109
4								96	30		125
5								93	46		139
6								98	49		146
7								102	55		157
8								109	59		167
9								90	86		176
10								103	98		201
Ø								87	49		136
<b>NMVOC</b>											
1	26	3	58	35	202	53	1	322	132	13	844
2	26	3	62	49	230	49	0	522	213	13	1.167
3	27	3	68	60	283	39	1	703	245	66	1.495
4	28	3	74	69	300	31	0	812	282	77	1.675
5	29	3	76	65	296	31	0	786	439	91	1.818
6	29	3	77	89	344	27	0	828	461	106	1.964
7	30	3	76	75	359	27	2	864	524	112	2.071
8	30	3	82	87	402	23	1	921	556	158	2.262
9	31	3	92	84	371	22	1	763	813	178	2.357
10	36	2	113	101	383	23	1	872	927	309	2.768
Ø	29	3	78	72	322	32	1	741	464	112	1.855
<b>NH<sub>3</sub></b>											
1	117	12,2	1,2	0,6	0,3	2,2	0,0	32	0	0	166
2	118	12,0	1,2	0,9	0,4	2,0	0,0	52	0	0	187
3	125	14,2	1,4	1,1	0,4	1,6	0,0	71	1	0	215
4	127	12,0	1,5	1,3	0,5	1,3	0,0	81	1	0	225
5	133	13,8	1,5	1,2	0,5	1,3	0,0	79	1	0	231
6	131	13,2	1,5	1,7	0,5	1,1	0,0	83	1	0	233
7	137	14,6	1,5	1,4	0,6	1,1	0,0	87	1	0	244
8	138	11,9	1,6	1,6	0,6	0,9	0,0	92	1	0	249
9	142	13,3	1,8	1,6	0,6	0,9	0,0	77	2	0	239
10	166	11,1	2,3	1,9	0,6	1,0	0,0	87	2	0	273
Ø	134	12,8	1,6	1,4	0,5	1,3	0,0	74	1	0	227

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Tab. 192: Lage- und Streuungsmaße der Energieverbräuche aus EVS2013 (2013; kWh/P/a)

Nettoäquivalenzeinkommen in Dezilen		Heiz- strom	Gas	Heizöl	Feste Brennstoffe	Fernhei- zung	Son- stiges	Benzin	Diesel
1	Mittelwert	119	1.850	875	375	1.297	18	914	440
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	605	3.675	4.043	3.802	2.796	309	1.447	696
	Variationskoeffizient	509%	199%	462%	1015%	216%	1684%	158%	158%
	Maximum	8.255	68.256	100.380	130.286	29.122	9.706	18.721	8.959
2	Mittelwert	118	1.988	1.260	435	1.195	11	1.486	716
	Median	0	0	0	0	0	0	1.170	561
	Standardabweichung	593	3.743	5.810	3.271	2.704	231	1.639	790
	Variationskoeffizient	502%	188%	461%	752%	226%	2026%	110%	110%
	Maximum	10.681	49.868	120.506	86.571	27.375	5.881	19.880	9.635
3	Mittelwert	142	2.202	1.574	544	975	30	2.010	829
	Median	0	0	0	0	0	0	1.678	688
	Standardabweichung	734	4.399	6.676	3.461	2.513	517	1.899	783
	Variationskoeffizient	518%	200%	424%	636%	258%	1738%	94%	94%
	Maximum	15.327	100.608	119.266	55.592	41.907	11.544	16.777	6.969
4	Mittelwert	120	2.432	1.841	591	782	12	2.329	961
	Median	0	0	0	0	0	0	2.002	822
	Standardabweichung	671	4.510	8.689	2.996	2.216	248	1.963	810
	Variationskoeffizient	557%	185%	472%	507%	283%	2019%	84%	84%
	Maximum	9.848	75.382	200.713	61.633	29.004	6.966	19.167	7.981
5	Mittelwert	141	2.538	1.763	595	801	8	2.267	1.509
	Median	0	0	0	0	0	0	1.934	1.287
	Standardabweichung	782	5.328	7.498	2.835	2.325	421	1.841	1.228
	Variationskoeffizient	555%	210%	425%	476%	290%	5218%	81%	81%
	Maximum	15.075	132.416	149.615	68.612	35.435	34.806	46.211	31.176
6	Mittelwert	137	2.609	2.470	705	708	13	2.396	1.596
	Median	0	0	0	0	0	0	2.087	1.382
	Standardabweichung	748	4.801	9.812	3.846	2.331	296	1.900	1.267
	Variationskoeffizient	546%	184%	397%	546%	329%	2263%	79%	79%
	Maximum	12.289	75.776	144.201	121.347	49.935	12.159	29.950	20.098
7	Mittelwert	153	2.548	2.100	753	702	62	2.513	1.825
	Median	0	0	0	0	0	0	2.174	1.575
	Standardabweichung	909	4.712	9.381	3.851	2.389	996	1.841	1.338
	Variationskoeffizient	595%	185%	447%	512%	340%	1615%	73%	73%
	Maximum	24.912	150.720	162.421	121.347	44.724	18.471	16.654	12.255
8	Mittelwert	126	2.812	2.496	863	607	23	2.689	1.952
	Median	0	0	0	0	0	0	2.314	1.677
	Standardabweichung	689	5.328	10.984	4.574	2.040	378	2.013	1.464
	Variationskoeffizient	547%	189%	440%	530%	336%	1639%	75%	75%
	Maximum	10.612	96.960	364.085	96.571	30.739	14.050	44.789	32.958
9	Mittelwert	143	3.203	2.445	813	591	18	2.240	2.879
	Median	0	0	0	0	0	0	1.945	2.501
	Standardabweichung	868	5.842	11.504	4.088	2.054	356	1.647	2.118
	Variationskoeffizient	606%	182%	470%	503%	347%	1972%	74%	74%
	Maximum	18.708	75.712	233.622	121.224	32.174	17.403	16.695	21.771
10	Mittelwert	121	3.996	3.009	861	648	17	2.571	3.306
	Median	0	0	0	0	0	0	2.149	2.773
	Standardabweichung	792	7.051	14.211	4.742	2.699	368	2.041	2.628
	Variationskoeffizient	654%	176%	472%	551%	417%	2124%	79%	80%
	Maximum	18.176	110.336	354.919	149.469	66.043	18.108	21.396	27.752
Ø	Mittelwert	132	2.618	1.983	653	831	21	2.141	1.601
	Median	0	0	0	0	0	0	1.825	1.172
	Standardabweichung	746	5.065	9.324	3.797	2.431	463	1.904	1.693
	Variationskoeffizient	565%	193%	470%	581%	293%	2172%	89%	106%
	Maximum	24.912	150.720	364.085	149.469	66.043	34.806	46.211	32.958

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-5; eigene Berechnung

Tab. 193: Lage- und Streuungsmaße der Wege aus MiD2008, Teil 1 (Pkm/P/a)

Nettoäquivalenzeinkommen in Dezilen		Zu Fuß	Fahrrad	PKW als Fahrer	PKW als Mitfahrer	Motorrad als Fahrer	Motorrad als Mitfahrer
1	Mittelwert	412	399	4.057	2.930	50	6
	Median	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	936	1.922	16.059	14.923	1.204	283
	Maximum	17.718	107.384	471.209	520.481	45.108	15.614
2	Mittelwert	413	401	5.163	2.766	59	13
	Median	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	1.129	1.702	14.338	14.179	1.577	1.065
	Maximum	24.698	39.374	284.530	277.590	124.916	124.916
3	Mittelwert	372	417	5.973	3.643	73	4
	Median	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	854	1.751	16.165	15.801	1.684	218
	Maximum	21.477	53.692	325.752	294.939	69.398	17.349
4	Mittelwert	391	414	7.255	3.898	61	6
	Median	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	983	1.873	19.217	17.713	1.634	236
	Maximum	35.795	71.589	351.845	329.638	104.096	13.880
5	Mittelwert	455	427	9.279	3.641	86	3
	Median	0	0	972	0	0	0
	Standardabweichung	1.025	2.427	21.731	17.585	2.104	258
	Maximum	12.886	143.178	350.457	346.988	113.812	21.513
6	Mittelwert	409	411	6.350	3.370	66	7
	Median	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	993	1.951	17.783	16.105	1.666	539
	Maximum	35.795	143.178	471.209	520.481	124.916	124.916
7	Mittelwert	412	399	4.057	2.930	50	6
	Median	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	936	1.922	16.059	14.923	1.204	283
	Maximum	17.718	107.384	471.209	520.481	45.108	15.614
8	Mittelwert	413	401	5.163	2.766	59	13
	Median	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	1.129	1.702	14.338	14.179	1.577	1.065
	Maximum	24.698	39.374	284.530	277.590	124.916	124.916
9	Mittelwert	372	417	5.973	3.643	73	4
	Median	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	854	1.751	16.165	15.801	1.684	218
	Maximum	21.477	53.692	325.752	294.939	69.398	17.349
10	Mittelwert	391	414	7.255	3.898	61	6
	Median	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	983	1.873	19.217	17.713	1.634	236
	Maximum	35.795	71.589	351.845	329.638	104.096	13.880
Ø	Mittelwert	455	427	9.279	3.641	86	3
	Median	0	0	972	0	0	0
	Standardabweichung	1.025	2.427	21.731	17.585	2.104	258
	Maximum	12.886	143.178	350.457	346.988	113.812	21.513

Quellen: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Tab. 194: Lage- und Streuungsmaße der Wege aus MiD2008, Teil 2 (Pkm/P/a)

Nettoäquivalenzeinkommen in Dezilen		Moped, Mofa	LKW als Fahrer	LKW als Mitfahrer	Taxi	Schiff, Fähre	Fernzug	Reisebus
1	Mittelwert	21	45	6	21	7	157	558
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	406	3.060	241	505	271	5.257	7.864
	Maximum	18.737	312.289	15.618	29.666	16.484	296.674	296.674
2	Mittelwert	26	42	0	12	20	342	180
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	481	2.299	20	331	708	7.692	4.631
	Maximum	17.349	173.563	2.082	13.843	36.919	296.674	164.819
3	Mittelwert	23	8	1	15	5	309	290
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	368	391	90	435	244	6.721	6.465
	Maximum	15.961	27.759	14.573	23.076	42.851	280.194	296.674
4	Mittelwert	35	13	30	25	36	275	433
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	618	1.083	1.257	522	1.667	6.101	8.249
	Maximum	24.289	139.489	53.089	23.076	181.303	274.259	356.009
5	Mittelwert	18	11	0	29	99	188	929
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	423	602	26	586	4.005	5.484	12.468
	Maximum	15.961	52.048	2.082	26.371	197.783	273.733	329.638
6	Mittelwert	25	24	8	20	34	255	475
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	470	1.812	583	483	1.973	6.332	8.333
	Maximum	24.289	312.289	53.089	29.666	197.783	296.674	356.009
7	Mittelwert	21	45	6	21	7	157	558
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	406	3.060	241	505	271	5.257	7.864
	Maximum	18.737	312.289	15.618	29.666	16.484	296.674	296.674
8	Mittelwert	26	42	0	12	20	342	180
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	481	2.299	20	331	708	7.692	4.631
	Maximum	17.349	173.563	2.082	13.843	36.919	296.674	164.819
9	Mittelwert	23	8	1	15	5	309	290
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	368	391	90	435	244	6.721	6.465
	Maximum	15.961	27.759	14.573	23.076	42.851	280.194	296.674
10	Mittelwert	35	13	30	25	36	275	433
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	618	1.083	1.257	522	1.667	6.101	8.249
	Maximum	24.289	139.489	53.089	23.076	181.303	274.259	356.009
Ø	Mittelwert	18	11	0	29	99	188	929
	Median	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	423	602	26	586	4.005	5.484	12.468
	Maximum	15.961	52.048	2.082	26.371	197.783	273.733	329.638

Quellen: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Tab. 195: Lage- und Streuungsmaße der Wege aus MiD2008, Teil 3 (Pkm/P/a)

Nettoäquivalenzeinkommen in Dezilen		Flugzeug	S-Bahn, Nahverkehrszug	U-Bahn, Straßenbahn	Linienbus, Stadtbus	anderes Verkehrsmittel	keine Angabe	Wege Gesamt
1	Mittelwert	15	365	258	586	47	0	9.939
	Median	0	0	0	0	0	0	3.298
	Standardabweichung	2.187	1.952	1.639	3.815	734	0	24.048
	Maximum	329.638	49.448	65.935	65.928	32.967	0	520.481
2	Mittelwert	75	275	180	510	26	3	10.505
	Median	0	0	0	0	0	0	4.164
	Standardabweichung	3.241	1.576	1.321	3.572	400	149	22.009
	Maximum	214.267	39.557	52.742	65.928	16.484	8.675	301.532
3	Mittelwert	46	294	150	618	51	0	12.292
	Median	0	0	0	0	0	0	5.552
	Standardabweichung	3.000	1.804	1.256	4.144	920	0	23.930
	Maximum	230.750	40.879	35.269	65.928	56.044	0	326.000
4	Mittelwert	44	201	194	672	38	0	14.023
	Median	0	0	0	0	0	0	5.751
	Standardabweichung	3.237	1.233	1.482	4.330	728	0	27.625
	Maximum	329.638	26.371	46.153	88.997	59.331	0	356.009
5	Mittelwert	400	144	183	743	31	0	16.668
	Median	0	0	0	0	0	0	6.808
	Standardabweichung	10.762	1.064	1.316	4.856	822	0	32.274
	Maximum	461.493	26.371	26.703	75.322	55.379	0	461.493
6	Mittelwert	116	255	193	625	38	1	12.682
	Median	0	0	0	0	0	0	4.943
	Standardabweichung	5.481	1.557	1.410	4.163	736	69	26.335
	Maximum	461.493	49.448	65.935	88.997	59.331	8.675	520.481
7	Mittelwert	15	365	258	586	47	0	9.939
	Median	0	0	0	0	0	0	3.298
	Standardabweichung	2.187	1.952	1.639	3.815	734	0	24.048
	Maximum	329.638	49.448	65.935	65.928	32.967	0	520.481
8	Mittelwert	75	275	180	510	26	3	10.505
	Median	0	0	0	0	0	0	4.164
	Standardabweichung	3.241	1.576	1.321	3.572	400	149	22.009
	Maximum	214.267	39.557	52.742	65.928	16.484	8.675	301.532
9	Mittelwert	46	294	150	618	51	0	12.292
	Median	0	0	0	0	0	0	5.552
	Standardabweichung	3.000	1.804	1.256	4.144	920	0	23.930
	Maximum	230.750	40.879	35.269	65.928	56.044	0	326.000
10	Mittelwert	44	201	194	672	38	0	14.023
	Median	0	0	0	0	0	0	5.751
	Standardabweichung	3.237	1.233	1.482	4.330	728	0	27.625
	Maximum	329.638	26.371	46.153	88.997	59.331	0	356.009
Ø	Mittelwert	400	144	183	743	31	0	16.668
	Median	0	0	0	0	0	0	6.808
	Standardabweichung	10.762	1.064	1.316	4.856	822	0	32.274
	Maximum	461.493	26.371	26.703	75.322	55.379	0	461.493

Quellen: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Tab. 196: Lage- und Streuungsmaße der Reisen aus MiD2008 (Pkm/P/a)

Nettoäquivalenzeinkommen in Dezilen		Fahrrad	Auto	Bahn	Reisebus	Flugzeug	Schiff, Fähre	anderes Verkehrsmittel	Weiß nicht	Reisen Gesamt
1	Mittelwert	0	986	625	146	1.079	38	12	0	2.886
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	30	3.326	2.641	1.187	8.424	621	253	0	9.567
	Maximum	2.667	96.000	54.000	28.000	213.333	26.667	12.373	0	219.733
2	Mittelwert	1	1.256	525	237	1.715	63	23	0	3.820
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	54	3.508	2.249	1.410	13.023	947	536	0	14.008
	Maximum	4.267	222.000	36.213	25.600	426.667	48.000	36.267	0	444.800
3	Mittelwert	3	1.772	408	241	1.833	136	32	0	4.426
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	100	4.096	2.372	1.893	9.643	1.803	473	2	11.010
	Maximum	4.800	144.595	63.856	96.000	368.000	64.000	20.000	200	368.000
4	Mittelwert	4	2.147	612	140	2.716	107	53	0	5.779
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	1.200
	Standardabweichung	101	4.523	2.562	999	15.636	1.627	860	0	16.586
	Maximum	4.160	76.800	39.200	21.333	800.000	120.000	24.853	0	800.000
5	Mittelwert	7	2.806	737	177	6.457	112	97	0	10.393
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	3.200
	Standardabweichung	188	5.372	3.056	1.356	29.813	1.474	2.356	0	30.513
	Maximum	11.200	86.400	80.000	48.000	873.333	80.000	216.000	0	873.333
6	Mittelwert	3	1.795	588	188	2.822	89	44	0	5.530
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	110	4.287	2.598	1.383	17.617	1.342	1.204	1	18.538
	Maximum	11.200	222.000	80.000	96.000	873.333	120.000	216.000	200	873.333
7	Mittelwert	0	986	625	146	1.079	38	12	0	2.886
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	30	3.326	2.641	1.187	8.424	621	253	0	9.567
	Maximum	2.667	96.000	54.000	28.000	213.333	26.667	12.373	0	219.733
8	Mittelwert	1	1.256	525	237	1.715	63	23	0	3.820
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	54	3.508	2.249	1.410	13.023	947	536	0	14.008
	Maximum	4.267	222.000	36.213	25.600	426.667	48.000	36.267	0	444.800
9	Mittelwert	3	1.772	408	241	1.833	136	32	0	4.426
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardabweichung	100	4.096	2.372	1.893	9.643	1.803	473	2	11.010
	Maximum	4.800	144.595	63.856	96.000	368.000	64.000	20.000	200	368.000
10	Mittelwert	4	2.147	612	140	2.716	107	53	0	5.779
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	1.200
	Standardabweichung	101	4.523	2.562	999	15.636	1.627	860	0	16.586
	Maximum	4.160	76.800	39.200	21.333	800.000	120.000	24.853	0	800.000
Ø	Mittelwert	7	2.806	737	177	6.457	112	97	0	10.393
	Median	0	0	0	0	0	0	0	0	3.200
	Standardabweichung	188	5.372	3.056	1.356	29.813	1.474	2.356	0	30.513
	Maximum	11.200	86.400	80.000	48.000	873.333	80.000	216.000	0	873.333

Quellen: BMVBS 2010; eigene Berechnung

Tab. 197: Koeffizienten der durchgeführten linearen einfachen Regressionsanalysen (Energieverbrauch)

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
		B	Standard-fehler	Beta		
Haushaltsstrom	(Konstante)	1.003	,217		4.619	0,000
	Netto-ÄquiEK	,010	,000	,161	1.446	0,000
Wärme	(Konstante)	4.191	2,474		1.694	0,000
	Netto-ÄquiEK	,078	,000	,106	947	0,000
MIV	(Konstante)	1.677	,756		2.218	0,000
	Netto-ÄquiEK	,079	,000	,332	3.125	0,000
Flugzeug	(Konstante)	-932	1,741		-535	0,000
	Netto-ÄquiEK	,097	,000	,186	1.682	0,000
Energieverbrauch (gesamt)	(Konstante)	5.938	3,210		1.850	0,000
	Netto-ÄquiEK	,265	,000	,269	2.477	0,000

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-5; eigene Berechnung

Tab. 198: Koeffizienten der linearen einfachen Regressionsanalysen (Nettowirkung des Ökobonus)

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
		B	Standard-fehler	Beta		
Haushaltsstrom	(Konstante)	17	,013		1.255	0,000
	Netto-ÄquiEK	-,001	,000	-,160	-1.437	0,000
Wärme	(Konstante)	42	0,061		684	0,000
	Netto-ÄquiEK	-,002	,000	-,088	-783	0,000
MIV	(Konstante)	169	,058		2.927	0,000
	Netto-ÄquiEK	-,006	,000	-,353	-3.350	0,000
Flugzeug	(Konstante)	185	0,120		1.549	0,000
	Netto-ÄquiEK	-,007	,000	-,196	-1.773	0,000
Nettowirkung (gesamt)	(Konstante)	413	0,151		2.731	0,000
	Netto-ÄquiEK	-,016	,000	-,332	-3.125	0,000
Nettowirkung (gesamt)	(Konstante)	-225	,173		-1.304	0,000
	Anzahl der Pers. im HH	85,793	,059	,162	1.456	0,000
Nettowirkung (gesamt)	(Konstante)	-65	0,153		-422	0,000
	Einwohnergroessenklasse, modifiziert	18,603	,038	,055	490	0,000
Nettowirkung (gesamt)	(Konstante)	-6932	9,659		-718	0,000
	Alter des ersten Haushaltsmitglieds	3,532	,005	,081	718	0,000

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung

Tab. 199: Koeffizienten der linearen multiplen Regressionsanalyse (Nettowirkung des Ökobonus)

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
		B	Standardfehler	Beta		
Nettowirkung (gesamt)	(Konstante)	-1.263	9,348		-135	0,000
	Nettoäquivalenzeinkommen	-,016	,000	-,334	-3.184	0,000
	Anzahl der Pers. im HH	95	0,059	0,178910562	1.618	0,000
	Alter des ersten Haushaltsmitglieds	,697	,005	,016	146	0,000
	Einwohnergroessenklasse, modifiziert	18	,036	0,05268128	496	0,000

Quellen: FDZ 2010; FDZ 2016; BMVBS 2010; weitere Quellen siehe Schritte 3-10; eigene Berechnung



## Literaturverzeichnis

Alle aufgeführten Publikationen wurden zuletzt im Zeitraum 25.-28.08.2017 geprüft.

- Aachener Stiftung Kathy Beys (2008): Einführung einer handelbaren individuellen CO<sub>2</sub> Emissionsquote. Factsheet. Aachen. URL: [http://www.co2card.de/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/fact-sheet-co2card.pdf](http://www.co2card.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/fact-sheet-co2card.pdf).
- Aasness, Jørgen; Larsen, Erling Røed (2002): Distributional and environmental effects of taxes on transportation. Statistics Norway. Oslo (Discussion papers, 321). URL: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/180305/dp-321.pdf>.
- AGEB (2013): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012 mit Zeitreihen von 2008 bis 2012. Berlin. URL: [http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=ageb\\_endbericht\\_anwendungsbilanzen\\_2011-2012\\_endg.pdf](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_endbericht_anwendungsbilanzen_2011-2012_endg.pdf).
- AGEB (2015): Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland. Stand: November 2015. URL: [http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=vorwort.pdf](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=vorwort.pdf).
- AGEB (2016a): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2015. Berlin. URL: [http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=ageb\\_bericht\\_anwendungsbilanzen\\_2013-2015\\_hjz\\_2016-11-29.pdf](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_bericht_anwendungsbilanzen_2013-2015_hjz_2016-11-29.pdf).
- AGEB (2016b): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland 1990 bis 2015. Stand: Juli 2016. URL: <http://www.ag-energiebilanzen.de/10-0-Auswertungstabellen.html>.
- AGEB (2016c): Bruttostromerzeugung nach Energieträgern 1990 - 2015. Stand 02.08.2016. URL: [http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=20170811\\_brd\\_stromerzeugung1990-2016.pdf](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20170811_brd_stromerzeugung1990-2016.pdf).
- AGEB (2016d): Energieeinheitenumrechner. Stand: April 2016. Version 1.0.0.6. Berlin. URL: <http://www.ag-energiebilanzen.de/33-0-Energieeinheitenumrechner.html>.
- Aigeltinger, Gerd; Heindl, Peter; Liessem, Verena; Römer, Daniel; Schwengers, Clarita; Vogt, Claire (2015): Zum Stromkonsum von Haushalten in Grundsicherung. Eine empirische Analyse für Deutschland. ZEW. Mannheim (Discussion paper / ZEW, 15-075). URL: <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp15075.pdf>.
- Alberici, Sacha; Boeve, Sil; van Breevoort, Pieter; Deng, Yvonne; Förster, Sonja; Gardiner, Ann et al. (2014): Subsidies and costs of EU energy. Final report. Ecofys. European Commission (Hg.). URL: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ECOFYS%202014%20Subsidies%20and%20costs%20of%20EU%20energy\\_11\\_Nov.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ECOFYS%202014%20Subsidies%20and%20costs%20of%20EU%20energy_11_Nov.pdf).
- Albig, Hanne; Clemens, Marius; Fichtner, Ferdinand; Gebauer, Stefan; Junker, Simon; Cholodilin, Konstantin (2017): Wie steigende Einkommensungleichheit das Wirtschaftswachstum in Deutschland beeinflusst. In: *DIW Wochenbericht* 84 (10), S. 159-168. URL: [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.554080.de/17-10-1.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.554080.de/17-10-1.pdf).
- Anenberg, Susan; Miller, Joshua; Minjares, Ray; Du, Li; K Henze, Daven; Lacey, Forrest et al. (2017): Impacts and mitigation of excess diesel-related NO<sub>x</sub> emissions in 11 major vehicle markets. In: *Nature* 545, S. 467-471. URL: <http://doi.org/10.1038/nature22086>.
- Anthoff, David (2007): Report on marginal external damage costs of greenhouse gas emissions. New Results from FUND 3.0. NEEDS Delivery n° 5.4 RS 1b. URL: <http://www.needs-project.org/2009/Deliverables/RS1b%20D5.4-5.5.pdf>.
- Aronsson, Thomas; Löfgren, Karl-Gustaf (2007): Welfare theory. History and modern results. Umeå University. Umea. URL: [http://www.usbe.umu.se/digitalAssets/8/8218\\_ues726.pdf](http://www.usbe.umu.se/digitalAssets/8/8218_ues726.pdf).
- Atkinson, Anthony B. (2016): Ungleichheit. Was wir dagegen tun können. Unter Mitarbeit von Hainer Kober. Stuttgart: Klett-Cotta.

- Bach, Stefan (2009): Zehn Jahre ökologische Steuerreform: Finanzpolitisch erfolgreich, klimapolitisch halberzig. In: *DIW Wochenbericht* 14/2009, S. 218-227. URL: [http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.96632.de/09-14-1.pdf](http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.96632.de/09-14-1.pdf).
- Baranzini, Andrea; Goldemberg, José; Speck, Stefan (2000): A future for carbon taxes. In: *Ecological Economics* 32 (3), S. 395-412. URL: [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00122-6](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00122-6).
- Becker, Irene; Hauser, Richard (2003): Anatomie der Einkommensverteilung. Ergebnisse der Einkommens- und Verbrauchsstichproben 1969-1998. Berlin: Ed. Sigma (Forschung aus der Hans-Böckler-Stiftung, 50).
- Becker, Irene; Hauser, Richard (2004): Verteilung der Einkommen 1999 - 2003. Stand: November 2005. Universität Frankfurt. Frankfurt (Lebenslagen in Deutschland : Forschungsprojekt). URL: [http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/forschungsprojekt-a338-verteilung-der-einkommen-1999-2003.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/forschungsprojekt-a338-verteilung-der-einkommen-1999-2003.pdf?__blob=publicationFile&v=2).
- Becker, Thilo (2015): Sozialräumliche Verteilung von verkehrsbedingtem Lärm und Luftschadstoffen am Beispiel von Berlin. Dissertation. Technische Universität Dresden, Dresden. Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“. URL: [http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/20306/Becker\\_Verteilung\\_Verkehrslaerm\\_Luftschadstoffe.pdf](http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/20306/Becker_Verteilung_Verkehrslaerm_Luftschadstoffe.pdf).
- Becker, Udo J.; Becker, Thilo; Gerlach, Julia (2012): Externe Autokosten in der EU-27. Überblick über existierende Studien. TU Dresden. Brüssel. URL: [https://www.greens-efa.eu/legacy/fileadmin/dam/Documents/Studies/Costs\\_of\\_cars/The\\_true\\_costs\\_of\\_cars\\_DE.pdf](https://www.greens-efa.eu/legacy/fileadmin/dam/Documents/Studies/Costs_of_cars/The_true_costs_of_cars_DE.pdf).
- BGL (2016): Fahrleistungen im Bundesgebiet 1952 - 2014 (ab 1990 Inländerfahrleistungen). in Milliarden km. Frankfurt am Main (Daten & Fakten). URL: [http://www.bgl-ev.de/images/daten/verkehr/fahrleistungen\\_tabelle.pdf](http://www.bgl-ev.de/images/daten/verkehr/fahrleistungen_tabelle.pdf), zuletzt aktualisiert am Januar 2016.
- Birdsall, Nancy; Wheeler, David (1993): Trade Policy and Industrial Pollution in Latin America: Where Are the Pollution Havens? In: *The Journal of Environment & Development* 2 (1), S. 137-149. URL: <http://dx.doi.org/10.1177/107049659300200107>.
- Bleys, Brent (2009): The Index of Sustainable Economic Welfare for Belgium, 1970–2006. Hogeschool Gent. Gent. URL: [http://statbel.fgov.be/nl/binaries/Rapport\\_ISEW2006\\_tcm325-77837.pdf](http://statbel.fgov.be/nl/binaries/Rapport_ISEW2006_tcm325-77837.pdf).
- BMAS (2017): Lebenslagen in Deutschland. Fünfter Armuts- und Reichtumsbericht der Bundesregierung. Bonn. URL: [http://www.armuts-und-reichtumsbericht.de/SharedDocs/Downloads/Berichte/5-arb-langfassung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.armuts-und-reichtumsbericht.de/SharedDocs/Downloads/Berichte/5-arb-langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=5).
- BMBF (2010): Bundesbericht Forschung und Innovation 2010. Bonn, Berlin. URL: [https://www.bmbf.de/pub/Bufi\\_2010\\_Langfassung.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Bufi_2010_Langfassung.pdf).
- BMBF (2012): Bundesbericht Forschung und Innovation 2012. Bonn, Berlin. URL: [https://www.bmbf.de/pub/Bufi\\_2012\\_Langfassung.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Bufi_2012_Langfassung.pdf).
- BMBF (2014): Bundesbericht Forschung und Innovation 2014. Bonn, Berlin. URL: [https://www.bmbf.de/pub/Bufi\\_2014\\_Langfassung.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Bufi_2014_Langfassung.pdf).
- BMF (2011): Steuereinnahmen nach Steuergruppen / IST-Ergebnisse - in Mio EURO -. 2004-2008. Unter Mitarbeit von Referat I A 6. URL: [http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Steuerschaetzungen\\_und\\_Steuereinnahmen/4-kassenmaessige-steuereinnahmen-nach-steuergruppen-mit-aufteilung-auf-direkte-und-indirekte-steuern-1970-bis-2010-anlage8.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Steuerschaetzungen_und_Steuereinnahmen/4-kassenmaessige-steuereinnahmen-nach-steuergruppen-mit-aufteilung-auf-direkte-und-indirekte-steuern-1970-bis-2010-anlage8.pdf?__blob=publicationFile&v=3), zuletzt aktualisiert am 10.03.2011.
- BMF (2015a): Bericht der Bundesregierung über die Entwicklung der Finanzhilfen des Bundes und der Steuervergünstigungen für die Jahre 2013 bis 2016. 25. Subventionsbericht. Drucksache 18/5940. URL: [https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche\\_Finanzen/Subventionspolitik/2015-08-26-subventionsbericht-25-vollstaendig.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finanzen/Subventionspolitik/2015-08-26-subventionsbericht-25-vollstaendig.pdf?__blob=publicationFile&v=2).

- BMF (2015b): Steuereinnahmen nach Steuergruppen / IST-Ergebnisse - in Mio EURO -. 2009-2013. Unter Mitarbeit von Referat I A 6. URL: [http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Steuerschaetzungen\\_und\\_Steuereinnahmen/2015-06-16-steuereinnahmen-nach-steuergruppen-2009-2013.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Steuerschaetzungen_und_Steuereinnahmen/2015-06-16-steuereinnahmen-nach-steuergruppen-2009-2013.pdf?__blob=publicationFile&v=3), zuletzt aktualisiert am 11.09.2015.
- BMF (2017a): Kfz-Steuer-Rechner. URL: [http://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Service/Apps\\_Rechner/KfzRechner/KfzRechner.html](http://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Service/Apps_Rechner/KfzRechner/KfzRechner.html).
- BMF (2017b): Steuereinnahmen nach Steuergruppen / IST-Ergebnisse - in Mio EURO -. 2014-2015. Unter Mitarbeit von Referat I A 6. URL: [http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Steuerschaetzungen\\_und\\_Steuereinnahmen/2017-07-18-steuereinnahmen-nach-steuergruppen-2014-2016.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Steuerschaetzungen_und_Steuereinnahmen/2017-07-18-steuereinnahmen-nach-steuergruppen-2014-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=4), zuletzt aktualisiert am 18.07.2017.
- BMUB (2016a): Klimaschutzbericht 2016. Zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung. Berlin. URL: [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutzbericht\\_2016\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutzbericht_2016_bf.pdf).
- BMUB (2016b): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin. URL: [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan\\_2050\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf).
- BMVBS (2010): Mobilität in Deutschland 2008. Public-Use-File. Stand: 11.03.2010. URL: <http://daten.clearingstelle-verkehr.de/223/>.
- BMVI (2017): Infopapier Infrastrukturabgabe. Stand: 25.01.2017. URL: [http://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Anlage/G/infopapier-infrastrukturabgabe.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Anlage/G/infopapier-infrastrukturabgabe.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt aktualisiert am 25.01.2017.
- BMWi (2014): Zahlen und Fakten. Energiedaten. Nationale und Internationale Entwicklung. URL: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>, zuletzt aktualisiert am 21.10.2014.
- BMWi (2016): EEG-Umlage in Cent pro Kilowattstunde. URL: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/I/eeg-umlage.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/I/eeg-umlage.pdf?__blob=publicationFile&v=1).
- Borucke, Michael; Moore, David; Cranston, Gemma; Gracey, Kyle; Iha, Katsunori; Larson, Joy et al. (2013): Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. In: *Ecological Indicators* 24, S. 518-533. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.005>.
- Breitschopf, Barbara; Diekmann, Jochen (2010): Vermeidung externer Kosten durch Erneuerbare Energien - Methodischer Ansatz und Schätzung für 2009 (MEECK). DIW Berlin; ISI; BMU. Berlin. URL: [http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/x/de/projekte/101101-Externe-Kosten\\_Nov-2010\\_final.pdf](http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/x/de/projekte/101101-Externe-Kosten_Nov-2010_final.pdf).
- Bruyckere, Luka de; Abbasov, Faig (2016): Aviation ETS – gaining altitude. An analysis of the aviation EU ETS 2013-2015. September 2016. Transport & Environment; European Federation for Transport and Environment AISBL. URL: [https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/2016\\_09\\_Aviation\\_ETS\\_gaining\\_altitude.pdf](https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/2016_09_Aviation_ETS_gaining_altitude.pdf).
- Büchs, Milena; Bardsley, Nicholas; Duwe, Sebastian (2011): Who bears the brunt? Distributional effects of climate change mitigation policies. In: *Critical Social Policy* 31 (2), S. 285-307. URL: <http://eprints.soton.ac.uk/183577/>.
- Bundesamt für Umwelt (2016): Merkblatt Umweltabgaben. Warum Sie 67.80 Franken erhalten. URL: [http://www.kklh.ch/Portals/0/Downloads/Merkblatt%20Umweltabgaben%202017\\_d.pdf](http://www.kklh.ch/Portals/0/Downloads/Merkblatt%20Umweltabgaben%202017_d.pdf).

- Bundesnetzagentur; Bundeskartellamt (2016): Monitoringbericht 2016. Stand: 30. November 2016. Bonn. URL: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/DatenaustauschUndMonitoring/Monitoring/Monitoringbericht2016.pdf;jsessionid=1E1575F22EC43D8A5148B57D25287B9D?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/DatenaustauschUndMonitoring/Monitoring/Monitoringbericht2016.pdf;jsessionid=1E1575F22EC43D8A5148B57D25287B9D?__blob=publicationFile&v=2).
- Bundesverfassungsgericht (07.06.2017): Kernbrennstoffsteuergesetz mit dem Grundgesetz unvereinbar und nichtig. Pressemitteilung Nr. 42/2017 vom 7. Juni 2017. Beschluss vom 13. April 2017. URL: <http://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2017/bvg17-042.html>.
- Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (01.01.2013): Bundesgesetz über die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen. CO<sub>2</sub>-Gesetz, vom 23.12.2011. Fundstelle: AS 2012 6989. URL: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20091310/201301010000/641.71.pdf>.
- Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (01.01.2017): Umweltschutzgesetz. USG, vom 20.06.2014. Fundstelle: AS 2016 689. URL: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19830267/201701010000/814.01.pdf>.
- CDU; CSU (2002): Leistung und Sicherheit. Zeit für Taten. Regierungsprogramm 2002/2006 von CDU und CSU. URL: [http://www.kas.de/upload/ACDP/CDU/Programme\\_Bundestag/2002-2006\\_Regierungsprogramm\\_Leistung-und-Sicherheit.pdf](http://www.kas.de/upload/ACDP/CDU/Programme_Bundestag/2002-2006_Regierungsprogramm_Leistung-und-Sicherheit.pdf).
- CDU; CSU (2017): Für ein Deutschland, in dem wir gut und gerne leben. Regierungsprogramm 2017 – 2021. URL: <https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/170703regierungsprogramm2017.pdf?file=1>.
- Cingano, Federico (2014): Trends in Income Inequality and its Impact on Economic Growth. OECD. Paris (OECD Social, Employment and Migration Working Papers, 163). URL: <http://www.oecd.org/els/soc/trends-in-income-inequality-and-its-impact-on-economic-growth-SEM-WP163.pdf>.
- Coase, Ronald H. (1960): The Problem of Social Cost. In: *Journal of Law and Economics* Oct 1960 (Vol 3), S. 1-44. URL: <http://www.jstor.org/stable/724810>.
- DEHSt (2014a): Auktionierung. Deutsche Versteigerungen von Emissionsberechtigungen. Periodischer Bericht: Jahresbericht 2013. Berlin. URL: [https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/versteigerung/2013/2013\\_Jahresbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/versteigerung/2013/2013_Jahresbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1).
- DEHSt (2014b): Versteigerungen in der zweiten Handelsperiode (2008-2012). Stand: 22.01.2014. URL: [https://www.dehst.de/DE/service/archivsuche/archiv/Navigationspunkte/Versteigerung\\_2008-2012/Versteigerung\\_2008-2012\\_node.html](https://www.dehst.de/DE/service/archivsuche/archiv/Navigationspunkte/Versteigerung_2008-2012/Versteigerung_2008-2012_node.html), zuletzt aktualisiert am 22.01.2014.
- DEHSt (2015): Auktionierung. Deutsche Versteigerungen von Emissionsberechtigungen. Periodischer Bericht: Jahresbericht 2014. Berlin. URL: [https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/versteigerung/2014/2014\\_Jahresbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/versteigerung/2014/2014_Jahresbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1).
- DEHSt (2016a): Auktionierung. Deutsche Versteigerungen von Emissionsberechtigungen. Periodischer Bericht: Jahresbericht 2015. Berlin. URL: [https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/versteigerung/2016/2016\\_Jahresbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/versteigerung/2016/2016_Jahresbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3).
- DEHSt (2016b): Treibhausgasemissionen 2015. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (VET-Bericht 2015). Berlin. URL: [https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/VET-Bericht-2015.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/VET-Bericht-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=5).
- Desaigues, Brigitte; Ami, Dominique; Hutchison, Marie; et al. (2007): Final Report on the monetary valuation of mortality and morbidity risks from air pollution. NEEDS - New Energy Externalities Developments for Sustainability. Delivery n° 6.7 - RS 1b. Université Paris. URL: [http://www.needs-project.org/RS1b/NEEDS\\_RS1b\\_D6.7.pdf](http://www.needs-project.org/RS1b/NEEDS_RS1b_D6.7.pdf).
- Deutscher Bundestag (08.09.2015a): Kernbrennstoffsteuergesetz. KernbrStG, vom 31.08.2015. Fundstelle: 612-21. URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/kernbrstg/BJNR180400010.html>.

- Deutscher Bundestag (08.09.2015b): Stabilitäts- und Wachstumsgesetz. (StabG), vom 31.08.2015. Fundstelle: 707-3.
- Deutscher Bundestag (08.09.2015c): Steinkohlefinanzierungsgesetz. SteinkohleFinG, vom 31.08.2015. Fundstelle: 750-20. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/steinkohlefinG/SteinkohleFinG.pdf>.
- Deutscher Bundestag (28.10.2015): Energieeinsparverordnung. EnEV, vom 24.10.2015. Fundstelle: 754-4-10. URL: [https://www.gesetze-im-internet.de/enev\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/enev_2007/).
- Deutscher Bundestag (18.07.2016): Luftverkehrsteuergesetz. LuftVStG, vom 18.07.2016. Fundstelle: 611-19. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/luftvstg/LuftVStG.pdf>.
- Deutscher Bundestag (10.03.2017): Energiesteuergesetz. EnergieStG, vom 10.03.2017. Fundstelle: 612-20. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/energiestg/EnergieStG.pdf>.
- Deutscher Bundestag (10.07.2017): Kraftfahrzeugsteuergesetz 2002. KraftStG (2002), vom 06.07.2017. Fundstelle: 611-17. URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/kraftstg/KraftStG.pdf>.
- Deutscher Bundestag (29.07.2017a): Bundesberggesetz. BBergG, vom 20.07.2017. Fundstelle: 750-15. URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bbergg/BBergG.pdf>.
- Deutscher Bundestag (29.07.2017b): Umsatzsteuergesetz. UStG, vom 18.07.2017. Fundstelle: 611-10-14. URL: [https://www.gesetze-im-internet.de/ustg\\_1980/UStG.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/ustg_1980/UStG.pdf).
- Deutscher Bundestag (01.01.2018a): Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes. 1. BImSchV, vom 10.03.2017. Fundstelle: 2129-8-1-3. URL: [https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_1\\_2010/BJNR003800010.html](https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_1_2010/BJNR003800010.html).
- Deutscher Bundestag (01.01.2018b): Stromsteuergesetz. StromStG, vom 23.12.2016. Fundstelle: 612-30. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/stromstg/StromStG.pdf>.
- Deutscher Bundestag (23.02.2018): Versicherungsvertragsgesetz. VVG, vom 20.07.2017. Fundstelle: 7632-6. URL: [https://www.gesetze-im-internet.de/vvg\\_2008/\\_193.html](https://www.gesetze-im-internet.de/vvg_2008/_193.html).
- Diefenbacher, Hans; Held, Benjamin; Rodenhäuser, Dorothee; Zieschank, Roland (2016): Aktualisierung und methodische Überarbeitung des Nationalen Wohlfahrtsindex 2.0 für Deutschland. 1991 bis 2012. Endbericht. FEST Heidelberg; FFU. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau (Texte, 29/2016). URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_29\\_2016\\_aktualisierung\\_und\\_methodische\\_ueberarbeitung\\_des\\_nationalen\\_wohlfahrtsind.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_29_2016_aktualisierung_und_methodische_ueberarbeitung_des_nationalen_wohlfahrtsind.pdf).
- Diekmann, Jochen; Schill, Wolf Peter; Breitschopf, Barbara; Sievers, Luisa; Klobasa, Marian; Lehr, Ulrike; Horst, Juri (2016): Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen. Untersuchung im Rahmen des Projekts „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien (ImpRES)“. Fraunhofer ISI; DIW Berlin; GWS; izes. Berlin, Karlsruhe, Osnabrück. URL: [http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/2016\\_09\\_30\\_Abschlussbericht.pdf](http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/2016_09_30_Abschlussbericht.pdf).
- DIW Berlin (2016): Verkehr in Zahlen 2016/17. 44., aktualisierte Neuauflage, revidierte Ausgabe. Hamburg: DVV Media Group GmbH (Verkehr in Zahlen). URL: [http://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Artikel/G/verkehr-in-zahlen\\_2016.html](http://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Artikel/G/verkehr-in-zahlen_2016.html).
- Dragolov, Georgi; Ignácz, Zsófia; Lorenz, Jan; Delhey, Jan; Boehnke, Klaus (2014): Radar gesellschaftlicher Zusammenhalt. messen was verbindet. Gesellschaftlicher Zusammenhalt im internationalen Vergleich. Jacobs University Bremen; Bertelsmann-Stiftung. Gütersloh. URL: [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/GP\\_Radar\\_Gesellschaftlicher\\_Zusammenhalt.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/GP_Radar_Gesellschaftlicher_Zusammenhalt.pdf).
- Dünnhoff, Elke; Eisenmann, Lothar; Schäferbarthold, Ulrich (2010): Leitfaden: Einführung von Energiesparberatungsangeboten für einkommensschwache Haushalte. IFEU. Heidelberg. URL: [http://www.stromspar-check.de/fileadmin/user\\_upload/Dokumente/Hintergrund/Leitfaden\\_Energiesparberatung\\_2010.pdf](http://www.stromspar-check.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Hintergrund/Leitfaden_Energiesparberatung_2010.pdf).

- Duscha, Vicki (2014): Personal Carbon Trading Systeme: Konzepte und Schlussfolgerungen für Deutschland. Fraunhofer Institut für Systemforschung. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau (Climate Change, 04/2014). URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate\\_change\\_04\\_2014\\_komplett\\_21.5.2014.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_04_2014_komplett_21.5.2014.pdf).
- Easterlin, Richard A. (1974): Does economic growth improve the human lot? Some empirical evidence. In: Paul A. David und Melvin W. Reder (Hg.): Nations and households in economic growth : essays in honor of Moses Abramovitz. New York: Academic Press, S. 89-125.
- Easterlin, Richard A.; McVey, Laura A.; Switek, Malgorzata; Sawangfa, Onnicha; Zweig, Jacqueline Smith (2010): The happiness–income paradox revisited. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (52), S. 22463-22468. URL: <http://doi.org/10.1073/pnas.1015962107>.
- Ecologic (2005): Strompreiseffekte des Emissionshandels - Bewertung und Lösungsansätze aus ökonomischer Sicht. Kurzgutachten für Greenpeace. Berlin. URL: [https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/GP\\_ecologic\\_Strompreiseffekte\\_des\\_Emissionshandels\\_0.pdf](https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/GP_ecologic_Strompreiseffekte_des_Emissionshandels_0.pdf).
- Ecoplan; EPFL; FHNW (2015): Wirkungsabschätzung CO2-Abgabe. Synthese. Schlussbericht. Bundesamt für Umwelt. Bern. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Philippe\\_Thalmann/publication/290632766\\_Wirkungsabschätzung\\_CO2-Abgabe\\_Synthese/links/56a243b908ae1b65112c8564/Wirkungsabschaetzung-CO2-Abgabe-Synthese.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Philippe_Thalmann/publication/290632766_Wirkungsabschätzung_CO2-Abgabe_Synthese/links/56a243b908ae1b65112c8564/Wirkungsabschaetzung-CO2-Abgabe-Synthese.pdf).
- EEA (2011): Environmental tax reform in Europe. Implications for income distribution. Luxembourg: Publications Office (Technical Report, 16/2011). URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/environmental-tax-reform-in-europe>.
- EFD (2015): Lenkungsabgabe auf flüchtige organischen Verbindungen (VOC). Allgemeines Merkblatt. 05.2015. URL: [https://www.ezv.admin.ch/dam/ezv/de/dokumente/archiv/a5/voc/55\\_10\\_voc\\_allgemeinesmerkblatt.pdf.download.pdf/55\\_10\\_voc\\_allgemeinesmerkblatt.pdf](https://www.ezv.admin.ch/dam/ezv/de/dokumente/archiv/a5/voc/55_10_voc_allgemeinesmerkblatt.pdf.download.pdf/55_10_voc_allgemeinesmerkblatt.pdf).
- EFD; UVEK (2015): Verfassungsbestimmung über ein Klima- und Energielenkungssystem. Erläuternder Bericht zum Vorentwurf. URL: <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/38702.pdf>.
- Ekardt, Felix (2010): Soziale Gerechtigkeit in der Klimapolitik. Unter Mitarbeit von Christian Heitmann und Bettina Hennig. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung (Edition / Hans-Böckler-Stiftung Staat und Zivilgesellschaft, 249). URL: [http://www.boeckler.de/pdf/p\\_edition\\_hbs\\_249.pdf](http://www.boeckler.de/pdf/p_edition_hbs_249.pdf).
- EnergieAgentur.NRW (2011): Erhebung „Wo im Haushalt bleibt der Strom?“. Anteile, Verbrauchswerte und Kosten von 12 Verbrauchsbereichen in Ein- bis Sechs-Personen-Haushalten. URL: [https://energiertools.ea-nrw.de/\\_database/\\_data/datainfopool/erhebung\\_wo\\_bleibt\\_der\\_strom.pdf](https://energiertools.ea-nrw.de/_database/_data/datainfopool/erhebung_wo_bleibt_der_strom.pdf).
- Erdmenger, Christoph; Führ, Vivien (2005): Versteckte Kosten des städtischen Autoverkehrs. Öffentliche Gelder für den privaten Verkehr. ICLEI; VCD. Freiburg. URL: [https://www.vcd.org/fileadmin/user\\_upload/Redaktion/Themen/Verkehrspolitik/Versteckte\\_Kosten\\_im\\_Verkehr/Versteckte\\_Kosten.pdf](https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Verkehrspolitik/Versteckte_Kosten_im_Verkehr/Versteckte_Kosten.pdf).
- Europäische Kommission (28.04.2016): Wasser: Kommission verklagt Deutschland vor dem Gerichtshof der EU wegen Gewässerverunreinigung durch Nitrat. Deutschland wegen Wasserverschmutzung und Nitrat vor Gericht. Brüssel, Brivio, Enrico. URL: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-16-1453\\_de.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-1453_de.htm).
- Europäische Kommission (15.02.2017): Kommission droht Deutschland, Frankreich, Spanien, Italien und dem Vereinigten Königreich mit Klage wegen anhaltender übermäßiger Luftverschmutzung. Brüssel. Brivio, Enrico. URL: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-17-238\\_de.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-238_de.htm).
- Eurostat (2014): Living conditions in Europe. 2014 edition. 2014 edition. Luxembourg: Publications Office of the European Union (Eurostat statistical books). URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/6303711/KS-DZ-14-001-EN-N.pdf>.

- Eurostat (2016a): Gas für Haushaltabnehmer, ab 2007 - halbjährliche Daten. Code: [nrg\_pc\_202]. URL: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg\\_pc\\_202&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_pc_202&lang=en), zuletzt aktualisiert am 02.05.2016.
- Eurostat (2016b): Preise Elektrizität für Haushaltabnehmer, ab 2007 - halbjährliche Daten. Code: [nrg\_pc\_204]. URL: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg\\_pc\\_204&lang=de](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_pc_204&lang=de), zuletzt aktualisiert am 10.11.2016.
- F+B für Wohnen, Immobilien und Umwelt GmbH (2016): Analyse des Einflusses der energetischen Standards auf die Baukosten im öffentlich geförderten Wohnungsbau in Hamburg. Endbericht. Hamburg. URL: <http://www.hamburg.de/content-blob/7119900/6bd0100f8a421178f335fd9d74a7f936/data/pdf-f-b-gutachten-baukosten.pdf>.
- Faulstich, Martin; Holm-Müller, Karin; Bradke, Harald; Calliess, Christian; Foth, Heidi; Niekisch, Manfred; Schreurs, Miranda (2016): Umweltgutachten 2016. Impulse für eine integrative Umweltpolitik. Berlin: Sachverständigenrat für Umweltfragen. URL: [https://www.bundestag.de/blob/424364/edfa87e451e357c1a442cc6362829425/18-16-385\\_sru\\_umweltgutachten\\_2016-data.pdf](https://www.bundestag.de/blob/424364/edfa87e451e357c1a442cc6362829425/18-16-385_sru_umweltgutachten_2016-data.pdf).
- FDP (2002): Bürgerprogramm 2002. Programm der FDP zur Bundestagswahl 2002. URL: <https://www.fdp.de/files/653/Buergerprogramm2002i.pdf>.
- FDZ (2010): Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008. Scientific-Use-File. Stand: 11.08.2010. URL: <http://www.forschungsdatenzentrum.de/bestand/evs/suf/index.asp>.
- FDZ (2016): Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2013. Scientific-Use-File. Stand: 11.07.2016. URL: <http://www.forschungsdatenzentrum.de/bestand/evs/suf/index.asp>.
- FDZ (2017): Datensatzbeschreibungen und weitere Metadaten. URL: <http://www.forschungsdatenzentrum.de/bestand/evs/suf/index.asp>.
- Feess, Eberhard; Seeliger, Andreas (2013): Umweltökonomie und Umweltpolitik. 4., vollst. überarb. Aufl. München: Vahlen.
- Flues, Florens; Thomas, Alastair (2015): The distributional effects of energy taxes. Paris: OECD Publishing (OECD Taxation Working Papers, 23). URL: [http://www.oecd-ilibrary.org/taxation/the-distributional-effects-of-energy-taxes\\_5js1qwkqqr-bv-en](http://www.oecd-ilibrary.org/taxation/the-distributional-effects-of-energy-taxes_5js1qwkqqr-bv-en).
- FÖS (2008): Sozial ausgestaltete ökologische Finanzreform. Eckpunkte-Papier. Berlin. URL: <http://www.foes.de/pdf/2008-11-12-Eckpunkt-papier-Sozial-ausgestaltete-oekologische-Finanzreform.pdf>.
- Fraport (2017): Flughafenentgelte am Flughafen Frankfurt. URL: <http://www.fraport.de/content/fraport/de/misc/binaer/unternehmen/medien/publikationen/inforgrafiken/infografik-flughafenentgelte/jcr:content.file/entgelte-fraport-2017.pdf>.
- Fratzscher, Marcel (2016): Verteilungskampf. Warum Deutschland immer ungleicher wird. München: Hanser. URL: <http://www.hanser-fachbuch.de/9783446444652>.
- Friedrich, Rainer; Kuhn, Alexandra; Bessagnet, Bertrand; Blesl, Markus; Bruchof, David; Cowie, Hilary; et al. (2011): D5.3.1/2 Methods and results of the HEIMTSA/INTARESE Common Case Study. Universität Stuttgart. URL: [http://www.integrated-assessment.eu/eu/sites/default/files/CCS\\_FINAL\\_REPORT\\_final.pdf](http://www.integrated-assessment.eu/eu/sites/default/files/CCS_FINAL_REPORT_final.pdf).
- Fritsch, Michael (2014): Marktversagen und Wirtschaftspolitik. Mikroökonomische Grundlagen staatlichen Handelns. 9., vollst. überarb. Aufl. München: Vahlen (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften).
- Fritsche, U.; Rausch, L.; Simon, K.-H. (1989): Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen: Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS). Endbericht. Öko-Institut e.V. und Wissenschaftliches Zentrum III an der Gesamthochschule Kassel (Hg.). Darmstadt, Kassel. URL: [http://www.iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/GEMIS/1989\\_g1\\_bericht.pdf](http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/1989_g1_bericht.pdf).

- Fritsche, Uwe R. (2016): Globales Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS): CO<sub>2</sub>-Faktoren - wie werden sie ermittelt? Wie sehen die aktuellen Faktoren aus? IINAS. URL: [http://web.gdw.de/uploads/pdf/veranstaltungen/energietage2016/IINAS\\_2016\\_GEMIS\\_Wohnen.pdf](http://web.gdw.de/uploads/pdf/veranstaltungen/energietage2016/IINAS_2016_GEMIS_Wohnen.pdf).
- Fritsche, Uwe R.; Schmidt, Klaus (2008): Handbuch zu GEMIS 4.5. Öko-Institut e.V. Darmstadt. URL: [http://www.iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/GEMIS/2008\\_g45\\_handbuch.pdf](http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/2008_g45_handbuch.pdf).
- Frondel, Manuel; Andor, Mark; Ritter, Nolan; Sommer, Stephan; Vance, Colin; Matuschek, Peter; Müller, Ute (2015a): Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2011 - 2013. RWI; forsa. Essen (RWI Projektbericht). URL: [http://en.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/rwi-pb\\_energieverbrauch-priv-hh.pdf](http://en.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/rwi-pb_energieverbrauch-priv-hh.pdf).
- Frondel, Manuel; Andor, Mark; Ritter, Nolan; Tauchmann, Harald; Vance, Colin; Matuschek, Peter; Müller, Ute (2013): Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2009 - 2010. Teilbericht. RWI; forsa. Essen (RWI Projektbericht). URL: [http://www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/PB\\_Energieverbrauch-priv-HH-2009-2010.pdf](http://www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/PB_Energieverbrauch-priv-HH-2009-2010.pdf).
- Frondel, Manuel; Sommer, Stephan; Vance, Colin (2015b): The burden of Germany's energy transition. An empirical analysis of distributional effects. In: *Economic analysis and policy : EAP ; journal of the Economic Society of Australia* 45 (2015), S. 89-99. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eap.2015.01.004>.
- Global Footprint Network (2017): Open Data Platform. URL: <http://data.footprintnetwork.org/>, zuletzt aktualisiert am 05.04.2017.
- Gores, Sabine; Jörß, Wolfram; Harthan, Ralph; Ziesing, H. J.; Horst, Juri (2014): KWK-Ausbau: Entwicklung, Prognose, Wirksamkeit im KWK-Gesetz unter Berücksichtigung von Emissionshandel, Erneuerbare-Energien-Gesetz und anderen Instrumenten. Umweltbundesamt; Öko-Institut e.V. Dessau-Roßlau (Climate Change, 02/2014). URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate\\_change\\_02\\_2014\\_kwk-ausbau\\_entwicklung\\_prognose\\_wirksamkeit\\_der\\_anreize\\_im\\_kwk-gesetz\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_02_2014_kwk-ausbau_entwicklung_prognose_wirksamkeit_der_anreize_im_kwk-gesetz_0.pdf).
- Gossen, Hermann Heinrich (1987 (1854)): Entwicklung der Gesetze des menschlichen Verkehrs und der daraus fließenden Regeln für menschliches Handeln. Frankfurt-Main [etc.]: Wirtschaft und Finanzen (Faksimile-Edition "Klassiker der Nationalökonomie").
- Goulder, Lawrence H. (1995): Environmental taxation and the double dividend: A reader's guide. In: *International Tax and Public Finance* 2 (2), S. 157-183. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00877495>.
- Grabka, Markus M.; Goebel, Jan (2017): Realeinkommen sind von 1991 bis 2014 im Durchschnitt gestiegen - erste Anzeichen für wieder zunehmende Einkommensungleichheit. In: *DIW Wochenbericht* 84 (4), S. 71-82. URL: [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.550894.de/17-4-1.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.550894.de/17-4-1.pdf).
- Grabka, Markus M.; Westerheide, Peter; Hauser, Richard; Becker, Irene (2008): Integrierte Analyse der Einkommens- und Vermögensverteilung. Abschlussbericht zur Studie. Stand: August 2008. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. Bonn (Lebenslagen in Deutschland). URL: [http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/forschungsprojekt-a369.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/forschungsprojekt-a369.pdf?__blob=publicationFile).
- Günsberg, Georg; Bukold, Steffen; Veigl, Andreas (2015): Analyse zum IEA–World Energy Outlook 2014. URL: [http://guensberg.at/wp-content/uploads/2015/03/Analyse\\_WEO2014\\_Gesamt\\_final-Web.pdf](http://guensberg.at/wp-content/uploads/2015/03/Analyse_WEO2014_Gesamt_final-Web.pdf).
- Hagenaars, Aldi J.; Vos, Klaas de; Zaidi, M. Asghar; Europäische Kommission / Statistisches Amt (1994): Poverty statistics in the late 1980s. Research based on micro-data. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities (Theme / Statistical Office of the European Communities : 3, Population and social conditions : Series C, Accounts, surveys and statistics).



- Haubach, Christian; Held, Benjamin (2015): Ist ökologischer Konsum teurer? Ein warenkorbbasierter Vergleich. In: *WISTA : Wirtschaft und Statistik* 65 (1), S. 41-53. URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/2015/01/OekologischerKonsum\\_012015.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/2015/01/OekologischerKonsum_012015.pdf?__blob=publicationFile).
- Hauff, Volker (Hg.) (1987): *Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*. Greven: Eggenkamp Verlag, zuletzt geprüft am 27.08.2017.
- Hayek, Friedrich A. (1945): The Use of Knowledge in Society. In: *American Economic Review* XXXV (No. 4), S. 519-530. URL: <http://www.jstor.org/stable/1809376>.
- Heindl, Peter; Schüßler, Rudolf; Löschel, Andreas (2014): Ist die Energiewende sozial gerecht? In: *Wirtschaftsdienst : Zeitschrift für Wirtschaftspolitik* 94 (7), S. 508-514. URL: <http://doi.org/10.1007/s10273-014-1705-7>.
- Held, Benjamin (2014): Sind ärmere Haushalte stärker von Inflation betroffen? Eine äquivalenzeinkommensspezifische Analyse. In: *Wirtschaft und Statistik* (11), S. 680-691. URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/Gastbeitraege/AnalyseHaushalt-eInflation\\_112014.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/Gastbeitraege/AnalyseHaushalt-eInflation_112014.pdf?__blob=publicationFile).
- Held, Benjamin (2016): Konsum und Einkommen – welcher Zusammenhang besteht? Eine empirische Analyse. In: Bernhard Emunds und Isabell Merkle (Hg.): *Umweltgerechtigkeit. Von den sozialen Herausforderungen der großen ökologischen Transformation*. Marburg: Metropolis (Die Wirtschaft der Gesellschaft, 2), S. 77-105.
- Held, Benjamin; Haubach, Christian (2015): Lohnen sich umweltfreundlichere Personenkraftwagen? Eine Analyse der Kosten und Umweltwirkungen. In: *WISTA : Wirtschaft und Statistik* 65 (3), S. 41-52. URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/2015/03/UmweltfreundlicherePersonenkraftwagen\\_032015.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/2015/03/UmweltfreundlicherePersonenkraftwagen_032015.pdf?__blob=publicationFile).
- Held, Benjamin; Haubach, Christian (2017): The Additional Costs of Organic Food Products. A Basket of Goods-based Analysis differentiated by Income. In: *management revue* 28 (1), S. 6-61. URL: <http://doi.org/10.5771/0935-9915-2017-1-6>.
- IATA (2008): Air Travel Demand. Measuring the responsiveness of air travel demand to changes in prices and incomes (IATA Economics Briefing, 9). URL: [http://www.iata.org/publications/economic-briefings/air\\_travel\\_demand.pdf](http://www.iata.org/publications/economic-briefings/air_travel_demand.pdf).
- Icha, Petra (2016): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2015. Unter Mitarbeit von Gunter Kuhs. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Climate Change, 26/2016). URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate\\_change\\_26\\_2016\\_entwicklung\\_der\\_spezifischen\\_kohlendioxid-emissionen\\_des\\_deutschen\\_strommix.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_26_2016_entwicklung_der_spezifischen_kohlendioxid-emissionen_des_deutschen_strommix.pdf).
- IINAS (2015): Globales Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS). Version 4.94. Stand: 02.09.2015. URL: <http://iinas.org/gemis-download-121.html>.
- IINAS (2017): Lebenswege in GEMIS. URL: <http://iinas.org/lebenswege.html>, zuletzt aktualisiert am 04.08.2017.
- infas; DLR (2010a): *Mobilität in Deutschland 2008. Methodenbericht*. Bonn und Berlin. URL: [http://mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008\\_Methodenbericht\\_I.pdf](http://mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Methodenbericht_I.pdf).
- infas; DLR (2010b): *Mobilität in Deutschland 2008. Nutzerhandbuch*. Bonn und Berlin. URL: [http://mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008\\_Nutzerhandbuch.pdf](http://mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Nutzerhandbuch.pdf).
- infas; DLR (2010c): *Mobilität in Deutschland 2008. Tabellenband*. Bonn und Berlin. URL: [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008\\_Tabellenband.pdf](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Tabellenband.pdf).
- infratest dimap (2017): *ARD-DeutschlandTREND März 2017. Eine Studie im Auftrag der tagesthemen*. URL: <https://www.tagesschau.de/inland/deutschlandtrend-739.pdf>.

- IPCC (2014): Climate Change 2013 - The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press. URL: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
- ISIS (2009): Publishable Final Activity Report M1-M54. NEEDS - New Energy Externalities Developments for Sustainability. URL: <http://www.needs-project.org/2009/AnnualReport/Publishable%20Final%20Activity%20Report.doc>.
- Iten, Rolf; Banfi, Silvia; van Nieuwkoop, Renger, Baumann, Bettina; Gehrig, Sonja; Walter, Felix (1999): Soziale und räumliche Verteilungswirkungen von Energieabgaben. INFRAS; BFE. Bern. URL: [www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000005350.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000005350.pdf).
- Iten, Rolf; Beck, Martin (2003): Evaluation des Stromsparerfonds Basel. INFRAS; BFE. Bern. URL: [http://www.aue.bs.ch/dms/aue/download/energie/stromspar-fonds-feuerungskontrolle/schlussbericht\\_version\\_bfe.pdf](http://www.aue.bs.ch/dms/aue/download/energie/stromspar-fonds-feuerungskontrolle/schlussbericht_version_bfe.pdf).
- Ivanova, Diana; Stadler, Konstantin; Steen-Olsen, Kjartan; Wood, Richard; Vita, Gibran; Tukker, Arnold; Hertwich, Edgar G. (2016): Environmental Impact Assessment of Household Consumption. In: *Journal of Industrial Ecology* 20 (3), S. 526-536. URL: <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12371>.
- JRC-IPTS; TNO; NTNU (2011): A new environmental accounting framework using externality data and input-output for policy analysis. Top down-approach. EXIOPOL. Europäische Kommission (Hg.). URL: [http://www.feem-project.net/exiopool/M54/EXIOPOL\\_Top\\_down\\_approach.pdf](http://www.feem-project.net/exiopool/M54/EXIOPOL_Top_down_approach.pdf).
- Kahneman, Daniel; Deaton, Angus (2010): High income improves evaluation of life but not emotional well-being. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (38), S. 16489-16493. URL: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1011492107>.
- Klein Goldewijk, Kees; Beusen, Arthur; Janssen, Peter (2010): Long-term dynamic modeling of global population and built-up area in a spatially explicit way: HYDE 3.1. In: *The Holocene* 20 (4), S. 565-573. URL: <http://doi.org/10.1177/0959683609356587>.
- Kleinhückelkotten, Silke; Neitzke, H.-Peter (2016): Berechnung individueller Pro-Kopf-Verbräuche natürlicher Ressourcen nach Konsumbereichen. Anlagenband. ECOLOG; Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Texte, 39 / 2016). URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_39\\_2016\\_anlagen\\_repraesentative\\_erhebung\\_von\\_pro-kopf-verbraeuchen\\_natuerlicher\\_ressourcen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_39_2016_anlagen_repraesentative_erhebung_von_pro-kopf-verbraeuchen_natuerlicher_ressourcen.pdf).
- Kleinhückelkotten, Silke; Neitzke, H.-Peter; Moser, Stephanie (2016): Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen). ECOLOG; CDE Universität Bern; Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Texte, 39 / 2016). URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_39\\_2016\\_repraesentative\\_erhebung\\_von\\_pro-kopf-verbraeuchen\\_natuerlicher\\_ressourcen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_39_2016_repraesentative_erhebung_von_pro-kopf-verbraeuchen_natuerlicher_ressourcen.pdf).
- Knörr, Wolfram (2012): Aktualisierung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030" (TREMOMOD) für die Emissionsberichterstattung 2013 (Berichtsperiode 1990-2011). IFEU; Umweltbundesamt. Heidelberg. URL: [https://www.ifeu.de/verkehrundumwelt/pdf/IFEU\(2012\)\\_Bericht%20TREMOMOD%20FKZ%20360%2016%20037\\_121113.pdf](https://www.ifeu.de/verkehrundumwelt/pdf/IFEU(2012)_Bericht%20TREMOMOD%20FKZ%20360%2016%20037_121113.pdf).
- Köder, Lea; Burger, Andreas (2016): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierte Ausgabe 2016. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba\\_fachbroschuere\\_umweltschaedliche-subventionen\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_fachbroschuere_umweltschaedliche-subventionen_bf.pdf).
- Köder, Lea; Burger, Andreas; Eckermann, Frauke (2014): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierte Ausgabe 2014. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umweltschaedliche\\_subventionen\\_2014\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umweltschaedliche_subventionen_2014_0.pdf).

- Kohn, Wolfgang; Öztürk, Riza (2017): Statistik für Ökonomen. Datenanalyse mit R und SPSS. 3. Aufl. 2017. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch). URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-50442-0>.
- Kolev, Galina; Niehues, Judith (2016): Ist Ungleichheit schlecht für das Wirtschaftswachstum? Eine Neubewertung des Zusammenhangs für Deutschland. IW Köln. Köln (IW-Report, 14/2016). URL: [https://www.iwkoeln.de/\\_storage/asset/284966/storage/master/file/12730774/download/IW-Report-2016-14-Wachstum-Ungleichheit.pdf](https://www.iwkoeln.de/_storage/asset/284966/storage/master/file/12730774/download/IW-Report-2016-14-Wachstum-Ungleichheit.pdf).
- Krausmann, Fridolin; Gingrich, Simone; Eisenmenger, Nina; Erb, Karl-Heinz; Haberl, Helmut; Fischer-Kowalski, Marina (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. In: *Ecological Economics* 68 (10), S. 2696-2705. URL: <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.007>.
- Küchler, Swantje; Wronski, Rupert (2015): Was Strom wirklich kostet. Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten von konventionellen und erneuerbaren Energien. Langfassung, überarbeitete und aktualisierte Auflage 2015. Unter Mitarbeit von Jonas Haas. FÖS. Berlin. URL: <http://www.foes.de/pdf/2015-01-Was-Strom-wirklich-kostet-lang.pdf>.
- Kuik, Onno; Brander, Luke; Tol, Richard S. J. (2009): Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions: A meta-analysis. In: *Energy Policy* 37 (4), S. 1395-1403. URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.040>.
- Labandeira, Xavier; Labeaga, José M.; López-Otero, Xiral (2016): A meta-analysis on the price elasticity of energy demand. European University Institute. San Domenico di Fiesole (EUI Working Paper, 2016/25). URL: [http://cadmus.eui.eu/bitstream/handle/1814/40870/RSCAS\\_2016\\_25.pdf](http://cadmus.eui.eu/bitstream/handle/1814/40870/RSCAS_2016_25.pdf).
- Lehr, Ulrike; Drosdowski, Thomas (2015): Soziale Verteilungswirkungen der EEG-Umlage unter Berücksichtigung von Einkommensklassen. Osnabrück (GWS discussion paper, 2015 / 01). URL: <http://www.gws-os.com/discussionpapers/gws-paper15-1.pdf>.
- Leontief, Wassily (1970): Environmental repercussions and the economic structure: An Input-Output approach. In: *Review of Economics & Statistics* 52 (3), S. 262. URL: <http://doi.org/10.2307/1926294>.
- Lerner, Abba Ptachya (1934): The Concept of Monopoly and the Measurement of Monopoly Power. In: *The Review of Economic Studies* 1 (3), S. 157-175. URL: <http://doi.org/10.2307/2967480>.
- Levinson, Arik; Taylor, Michael Scott (2008): Unmasking the pollution haven effect. In: *International Economic Review* 49 (1), S. 223-254. URL: <http://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2008.00478.x>.
- Lin, David; Hanscom, Laurel; Martindill, Jon; Borucke, Michael; Cohen, Lea; Galli, Alessandro et al. (2016): Working Guidebook to the National Footprint Accounts. 2016 edition. Global Footprint Network. Oakland. URL: [http://www.footprintnetwork.org/content/documents/National\\_Footprint\\_Accounts\\_2016\\_Guidebook.pdf](http://www.footprintnetwork.org/content/documents/National_Footprint_Accounts_2016_Guidebook.pdf).
- Link, Heike; Kalinowska, Dominika; Kunert, Uwe; Radke, Sabine (2009): Wegekosten und Wegekostendeckung des Straßen- und Schienenverkehrs in Deutschland im Jahre 2007. Berlin: DIW (Politikberatung kompakt, 53). URL: [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.344573.de/diwkompakt\\_2009-053.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.344573.de/diwkompakt_2009-053.pdf).
- Longo, Alberto; Markandya, Anil (2005): Identification of Options and Policy Instruments for the Internalisation of External Costs of Electricity Generation. Dissemination of external costs of electricity supply. Making electricity external costs known to policy-makers. URL: <http://maxima.ier.uni-stuttgart.de/paris/longmark.pdf>.

- Löschel, Andreas; Erdmann, Georg; Staiß, Frithjof; Ziesing, Hans-Joachim (2016): Stellungnahme zum fünften Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2015. Expertenkommission zum Monitoring-Prozess "Energie der Zukunft". Unter Mitarbeit von Oliver Kaltenegger, Martin Balkowski, Roland Kube, Jörg Lings, Madeline Werthschulte, Dittmar, Lard, Koch, Lisa Marina et al. Westfälische Wilhelms-Universität Münster; Technische Universität Berlin; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung; AG Energiebilanzen e.V. Berlin, Münster, Stuttgart. URL: [http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/V/fuenfter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft-stellungnahme.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=7](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/V/fuenfter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft-stellungnahme.pdf?__blob=publicationFile&v=7).
- Löschel, Andreas; Flues, Florens; Heindl, Peter (2012): Zeitgespräch: Verteilungswirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes - Das Erneuerbare-Energien-Gesetz in der Diskussion. In: *Wirtschaftsdienst : Zeitschrift für Wirtschaftspolitik* 92 (8), S. 515-519. URL: <https://archiv.wirtschaftsdienst.eu/downloads/getfile.php?id=2825>.
- Loske, Reinhard (2013): Das Ökobonus-Konzept. In: *Blätter für deutsche und internationale Politik* (4), S. 96-101. URL: <https://www.blaetter.de/archiv/jahrgaenge/2013/april/das-oekobonus-konzept>.
- Lu, Cherie (2009): The implications of environmental costs on air passenger demand for different airline business models. In: *Journal of air transport management* 15 (4), S. 158-165. URL: <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2008.09.019>.
- Lueg, Barbara (2010): Ökonomik des Handels mit Umweltrechten. Umweltökonomische Grundlagen, Instrumente und Wirkungen - insbesondere in der EU. Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2009. Frankfurt/M.: Lang (Europäische Hochschulschriften Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft, 3341).
- Maddison, Angus (1995): Monitoring the world economy 1820 - 1992. Paris: Development Centre of the OECD (Development Centre studies).
- Mahler, Alexander; Runkel, Matthias; Ludewig, Damian; Klusmann, Björn; Zerkawy, Florian (2017): Die Finanzierung Deutschlands über Steuern auf Arbeit, Kapital und Umweltverschmutzung. FÖS. Berlin (Hintergrundpapier, 06/2017). URL: <http://www.foes.de/pdf/2017-06-Hintergrundpapier-Steuerstruktur.pdf>.
- Mankiw, Nicholas Gregory; Taylor, Mark P. (2016): Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. Unter Mitarbeit von Marco Herrmann, Christian Müller, Diana Pülichhuysen, Adolf Wagner und Simon Winter. 6., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Mayer, Helmut; Flachmann, Christine (2011): Erweitertes Input-Output Modell für Energie und Treibhausgase. Methoden und Ergebnisse. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden (Umweltökonomische Gesamtrechnungen). URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltokonomischeGesamtrechnungen/InputOutputTreibhausgase.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltokonomischeGesamtrechnungen/InputOutputTreibhausgase.pdf?__blob=publicationFile).
- Mottschall, Moritz; Bergmann, Thomas (2013): Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland. Arbeitspaket 4 des Projektes „Weiterentwicklung des Analyseinstrumentes Renewability“. 3., korrigierte Fassung Januar 2015. Öko-Institut e.V. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau (Texte, 96/2013). URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte\\_96\\_2013\\_treibhausgasemissionen\\_durch\\_infrastruktur\\_und\\_fahrzeuge\\_2015\\_01\\_07.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte_96_2013_treibhausgasemissionen_durch_infrastruktur_und_fahrzeuge_2015_01_07.pdf).
- Müller, André; Spillmann, Corinne (2015): Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems für 2030. Unter Mitarbeit von Christoph Böhringer. Ecoplan. Bern. URL: [http://www.ub.uni-bas.ch/digi/a125/sachdok/2015/BAU\\_1\\_6445565.pdf](http://www.ub.uni-bas.ch/digi/a125/sachdok/2015/BAU_1_6445565.pdf).
- Neitzel, Michael (2011): Wege aus dem Vermieter-Mieter-Dilemma. Konzeptstudie. Unter Mitarbeit von Christoph Dylewski und Carina Pelz. InWIS Forschung & Beratung GmbH. Bochum. URL: <http://web.gdw.de/uploads/pdf/InWIS-Vermieter-Mieter-Dilemma.pdf>.
- Neitzel, Michael (2017): Baukosten und Energieeffizienz. Nachweis des Einflusses von Energieeffizienzstandards auf die Höhe von Baukosten. InWIS Gutachten. InWIS Forschung & Beratung GmbH. Bochum. URL: <https://www.vnw.de/fileadmin/Publikationen/dokumente/P1191314-001.pdf>.

- Neuhoff, Karsten; Bach, Stefan; Diekmann, Jochen; Beznoska, Martin; El-Laboudy, Tarik (2012): Steigende EEG-Umlage. Unerwünschte Verteilungseffekte können vermindert werden. In: *DIW Wochenbericht* 79 (41), S. 3-12. URL: [http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.409391.de/12-41-1.pdf](http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.409391.de/12-41-1.pdf).
- Niehues, Judith; Voigtländer, Michael (2016): Wohneigentumsquote. Geringe Dynamik in der Wohneigentumsbildung. IW Köln. Köln (IW-Kurzbericht, 22). URL: <http://hdl.handle.net/10419/157686>.
- Noll, Heinz-Herbert; Weick, Stefan (2014): Lebenszufriedenheit steigt mit der Höhe der Konsumausgaben. Analysen zur Struktur von Konsumausgaben und subjektivem Wohlbefinden. In: *Informationsdienst soziale Indikatoren* 2014 (51), S. 1-6. URL: <http://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/zeitschriften/isi/isi-51.pdf>.
- Nordic Council of Ministers (2011): Reforming environmentally harmful subsidies. Kopenhagen: Nordic Council of Ministers. URL: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:700594/FULLTEXT01.pdf>.
- OECD (2005): Environmentally harmful subsidies. Challenges for reform. Paris: OECD. URL: [http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/environmentally-harmful-subsidies\\_9789264012059-en](http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/environmentally-harmful-subsidies_9789264012059-en).
- OECD (2012): Quality review of the OECD database on household incomes and poverty and the OECD earnings database. Part I. 20 December 2012. Paris. URL: [http://www.oecd.org/els/soc/OECDIncomeDistributionQualityReview\\_PartI.pdf](http://www.oecd.org/els/soc/OECDIncomeDistributionQualityReview_PartI.pdf).
- OECD (2013): OECD Framework for Statistics on the Distribution of Household Income, Consumption and Wealth. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017): OECD.Stat. OECD Inventory of Support Measures for Fossil Fuels. Fossil Fuel Support – DEU. URL: [http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=FFS\\_DEU](http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=FFS_DEU).
- Pareto, Vilfredo (1909): Manuel d'économie politique. Paris: Giard & Briere (Bibliothèque internationale d'économie politique).
- PBL (2013): HYDE 3.1 database. URL: <http://themasites.pbl.nl/tridion/en/themasites/hyde/basicdrivingfactors/population/index-2.html>, zuletzt aktualisiert am 15.02.2013.
- Pigou, Arthur C. (1932 (1920)): The Economics of Welfare. 4th edition. London: Macmillan and Co. URL: <http://www.econlib.org/library/NPDBooks/Pigou/pgEW.html>.
- Piketty, Thomas (2016): Das Kapital im 21. Jahrhundert. 1. Auflage. München: C.H. Beck.
- Preiss, Philipp; Friedrich, Rainer; Klotz Volker (2008): Report on the procedure and data to generate averaged/aggregated data. Deliverable N° 1.1 - RS 3a. NEEDS (New Energy Externalities). IER. URL: <http://www.needs-project.org/2009/Deliverables/RS3a%20D1.1.zip>.
- Puls, Thomas (2013): Externe Kosten des Straßenverkehrs in Deutschland. Aufdatierung für 2010. IW Köln. Köln. URL: [https://www.iwkoeln.de/\\_storage/asset/117978/storage/master/file/3134968/download/Externe%20Kosten%20des%20Stra%C3%9Fenverkehrs%20in%20Deutschland.pdf](https://www.iwkoeln.de/_storage/asset/117978/storage/master/file/3134968/download/Externe%20Kosten%20des%20Stra%C3%9Fenverkehrs%20in%20Deutschland.pdf).
- Pye, Steve; Skinner, Ian; Meyer-Ohlendorf, Nils; Leipprand, Anna; Lucas, Karen; Salmons, Roger (2008): Addressing the social dimensions of environmental policy. A study on the linkages between environmental and social sustainability in Europe. European Commission. URL: <http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=1672&langId=en>.
- Rausch, Lothar; Fritsche, Uwe R. (2012): Aktualisierung von Ökobilanzdaten für Erneuerbare Energien im Bereich Treibhausgase und Luftschadstoffe. Endbericht. BMU-Vorhaben Förderkennzeichen 0325188. Öko-Institut e.V. URL: [http://www.iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/bio/oeko/2012\\_LCA-EE-BMU.pdf](http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/bio/oeko/2012_LCA-EE-BMU.pdf).
- Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt (01.02.2015): Verordnung zur Lenkungsabgabe und zum Strompreis-Bonus, vom 27.01.2015. Fundstelle: 772.140. URL: <http://www.gesetzessammlung.bs.ch/frontend/versions/3289>.

- Rockstrom, Johan; Steffen, Will; Noone, Kevin; Persson, Asa; Chapin, F. Stuart; Lambin, Eric F. et al. (2009): A safe operating space for humanity. In: *Nature* 461 (7263), S. 472-475. URL: <http://doi.org/10.1038/461472a>.
- Rommerskirchen, Stefan; Rothengatter, Werner; Greinus, Anne; Leypoldt, Patrick; Liedtke, Gernot; Scholz, Aaron (2007): Aktualisierung der Wegekostenrechnung für die Bundesfernstraßen in Deutschland. Endbericht. IWW; progtrans. Basel, Karlsruhe. URL: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/wegekostengutachten-2007.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/wegekostengutachten-2007.pdf?__blob=publicationFile).
- RWI (2016): Erstellung der Anwendungsbilanzen 2014 bis 2015 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland. Endbericht - Oktober 2016. Essen. URL: [http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=rwi\\_ageb\\_anwendungsbilanz\\_haushalte\\_verkehr\\_2016.pdf](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=rwi_ageb_anwendungsbilanz_haushalte_verkehr_2016.pdf).
- Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2016): Zeit für Reformen. Jahresgutachten 16/17. Paderborn: Bonifatius GmbH Druck-Buch-Verlag. URL: [https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/jg201617/ges\\_jg16\\_17.pdf](https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/jg201617/ges_jg16_17.pdf).
- Schachtschneider, Ulrich (2014): Ökologisches Grundeinkommen – eine Beschleunigungsbremse. Beitrag zur Degrowth 2014, Leipzig. URL: [http://www.ulrich-schachtschneider.de/resources/DEGROWTH+2014-+5C3\\$96kologisches+Grundeinkommen+als+Beschleunigungsbremse.pdf](http://www.ulrich-schachtschneider.de/resources/DEGROWTH+2014-+5C3$96kologisches+Grundeinkommen+als+Beschleunigungsbremse.pdf).
- Scheelhaar, Janina; Dahlmann, Katrin; Jung, Martin (2015): Die Einbeziehung des Luftverkehrs in internationale Klimaschutzprotokolle (AviClim). Abschlussbericht BMBF-Vorhaben "Ökonomie des Klimawandels". Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr. Köln. URL: [http://www.dlr.de/dlr/Portaldata/1/Resources/documents/2015/Abschlussbericht\\_AviClim\\_Maerz\\_2015.pdf](http://www.dlr.de/dlr/Portaldata/1/Resources/documents/2015/Abschlussbericht_AviClim_Maerz_2015.pdf).
- Schmidt-Bleek, Friedrich (2007): Nutzen wir die Erde richtig? Die Leistungen der Natur und die Arbeit des Menschen. 1. Auflage. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch-Verlag (Fischer, 17275).
- Schoenenberger, Alain; Mack, Alexander (2009): Effects of the VOC Incentive Tax on Innovation in Switzerland. Case studies in the printing, paintmaking and metal cutting industries. Eco'Diagnostic; OECD. URL: [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/voc/fachinfo-daten/effects\\_of\\_the\\_vocincentivetaxoninnovationinswitzerland.pdf.download.pdf/effects\\_of\\_the\\_vocincentivetaxoninnovationinswitzerland.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/voc/fachinfo-daten/effects_of_the_vocincentivetaxoninnovationinswitzerland.pdf.download.pdf/effects_of_the_vocincentivetaxoninnovationinswitzerland.pdf).
- Schreyer, Christoph; Doll, Claus; Maibach, Markus; Zandonella, Remo; Lückge, Helen (2010): Verkehrsträgeranalyse. Kosten, Erträge und Subventionen des Strassen-, Schienen- und Luftverkehrs in Deutschland. INFRAS; Fraunhofer ISI. Zürich, Karlsruhe. URL: <https://www.bdl.aero/download/398/verkehrstrageranalyse-langfassung.pdf>.
- Schreyer, Christoph; Maibach, Markus; Sutter, Daniel (2007): Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland. Aufdatierung 2005. Schlussbericht. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung; Universität Stuttgart. Zürich. URL: [http://www.infras.ch/media/filer\\_public/e0/9d/e09d6897-1e68-4359-b559-d62b90890eec/070300\\_externe-kosten\\_management\\_summary.pdf](http://www.infras.ch/media/filer_public/e0/9d/e09d6897-1e68-4359-b559-d62b90890eec/070300_externe-kosten_management_summary.pdf).
- Schweikardt, Stephan; Didycz, Michael; Engelsing, Felix; Wacker, Katharina (2012): Sektoruntersuchung Fernwärme. Abschlussbericht gemäß § 32e GWB - August 2012. Bundeskartellamt. Bonn. URL: [http://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Sektoruntersuchungen/Sektoruntersuchung%20Fernwaerme%20-%20Abschlussbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Sektoruntersuchungen/Sektoruntersuchung%20Fernwaerme%20-%20Abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3).

- Schweizerische Eidgenossenschaft (2017): Energiegesetz (EnG). Erläuterungen des Bundesrates. Volksabstimmung vom 21. Mai 2017. URL: [https://www.admin.ch/dam/gov/de/Dokumentation/Abstimmungen/Mai17/LowRes\\_Volksabstimmung\\_Erlaeuterung\\_21\\_05\\_2017\\_DE.pdf.download.pdf/Erl%C3%A4uterungen%20des%20Bundesrates%20-%20Volksabstimmung%20vom%2021.%20Mai%202017.pdf](https://www.admin.ch/dam/gov/de/Dokumentation/Abstimmungen/Mai17/LowRes_Volksabstimmung_Erlaeuterung_21_05_2017_DE.pdf.download.pdf/Erl%C3%A4uterungen%20des%20Bundesrates%20-%20Volksabstimmung%20vom%2021.%20Mai%202017.pdf).
- Schwermer, Sylvia; Preiss, Philipp; Müller, Wolf (2014): Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmezeugung. Anhang B der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uba\\_methodenkonvention\\_2.0\\_-\\_anhang\\_b\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uba_methodenkonvention_2.0_-_anhang_b_0.pdf).
- Sievers, Luisa; Pfaff, Matthias (2016): Gesamtwirtschaftliche Nettoeffekte der Energiewende nach Regionen, Wirtschaftszweigen und Einkommensgruppen. Eine modellgestützte Analyse im Rahmen des Projekts „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien (ImpRES)“. Fraunhofer ISI. Karlsruhe. URL: [http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/Sievers\\_Pfaff\\_2016\\_Gesamtwirtschaftliche\\_Nettoeffekte\\_der\\_Energiewende\\_nach\\_Regionen\\_Wirtschaftszweigen\\_Einkommensgruppen.pdf](http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/Sievers_Pfaff_2016_Gesamtwirtschaftliche_Nettoeffekte_der_Energiewende_nach_Regionen_Wirtschaftszweigen_Einkommensgruppen.pdf).
- Simmons-Süer, Banu; Atukeren, Erdal; Busch, Christian (2011): Elastizitäten und Substitutionsmöglichkeiten der Elektrizitätsnachfrage. Literaturübersicht mit besonderem Fokus auf den Schweizer Strommarkt ; Studie im Auftrag der Economiesuisse. Unter Mitarbeit von Yngve Abrahamsen. KOF Konjunkturforschungsstelle, ETH Zürich. Zürich (KOF Studien, 26). URL: <https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/44980/eth-49606-01.pdf>.
- Smith, Adam (1776): An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations. London: W. Strahan and T. Cadell (An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations / Adams Smith).
- Smith, Stephen (1993): Who pays for climate change policies? Distributional side-effects and policy responses ; International Conference on the Economics of Climate Change ; [Paris, 14-16 June 1993 ; session VI, iii]. Paris: OECD. URL: <https://www.ifs.org.uk/publications/710>.
- SOEP Group (2015): SOEP 2013 – SOEPmonitor Individuals 1984-2013 (SOEP v30). DIW/SOEP. Berlin (SOEP Survey Papers Series E, 284). URL: [http://panel.gsoep.de/soep-docs/surveypapers/diw\\_ssp0283.pdf](http://panel.gsoep.de/soep-docs/surveypapers/diw_ssp0283.pdf).
- SPD (2017): Zeit für mehr Gerechtigkeit. Unser Regierungsprogramm für Deutschland. URL: [https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Regierungsprogramm/SPD\\_Regierungsprogramm\\_BTW\\_2017\\_A5\\_RZ\\_WEB.pdf](https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Regierungsprogramm/SPD_Regierungsprogramm_BTW_2017_A5_RZ_WEB.pdf).
- Speck, Stefan (1999): Energy and carbon taxes and their distributional implications. In: *Energy Policy* 27 (11), S. 659-667. URL: [http://doi.org/10.1016/S0301-4215\(99\)00059-2](http://doi.org/10.1016/S0301-4215(99)00059-2).
- SPIEGEL-ONLINE (2017): Mehrheit hält wirtschaftliche Erfolge für unfair verteilt. SPON-Umfragen. URL: <http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/spon-umfragen-zur-gerechtigkeit-abgekoppelt-vom-aufschwung-a-1160186.html>, zuletzt aktualisiert am 01.08.2017.
- Statistisches Bundesamt (1998): Systematisches Verzeichnis der Einnahmen und Ausgaben der privaten Haushalte. Ausgabe 1998 (SEA 98). Wiesbaden. URL: [https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/SEA98.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/SEA98.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt aktualisiert am 19.12.2007.
- Statistisches Bundesamt (2012a): Einkommens- und Verbrauchsstichprobe. Einkommensverteilung in Deutschland. Wiesbaden (Fachserie 15 Heft 6). URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/EinkommenKonsumLebensbedingungen/EinkommenVerbrauch/Einkommensverteilung2152606089004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/EinkommenKonsumLebensbedingungen/EinkommenVerbrauch/Einkommensverteilung2152606089004.pdf?__blob=publicationFile).

- Statistisches Bundesamt (2012b): Qualitätsbericht. Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008. Wiesbaden. URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Qualitaetsberichte/EinkommenKonsumLebensbedingungen/WirtschaftsrechnEVS08.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Qualitaetsberichte/EinkommenKonsumLebensbedingungen/WirtschaftsrechnEVS08.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt aktualisiert am 12.06.2012.
- Statistisches Bundesamt (2012c): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Input-Output-Rechnung 2008. Wiesbaden (Fachserie 18 Reihe 2). URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/InputOutputRechnung/VGRInputOutputRechnung2180200089005.xls?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/InputOutputRechnung/VGRInputOutputRechnung2180200089005.xls?__blob=publicationFile), zuletzt aktualisiert am 31.12.2012.
- Statistisches Bundesamt (2013a): Systematisches Verzeichnis der Einnahmen und Ausgaben der privaten Haushalte. Ausgabe 2013. Wiesbaden. URL: [https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/SEA2013.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/SEA2013.pdf?__blob=publicationFile).
- Statistisches Bundesamt (2013b): Wägungsschema 2010=100. Wiesbaden. URL: [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Preise/Verbraucherpreisindizes/WarenkorbWaegungsschema/Waegungsschema.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Preise/Verbraucherpreisindizes/WarenkorbWaegungsschema/Waegungsschema.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt aktualisiert am 21.01.2013.
- Statistisches Bundesamt (2014a): Finanzen und Steuern. Energiesteuerstatistik 2013. Fachserie 14 Reihe 9.3. Wiesbaden. URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/FinanzenSteuern/Steuern/Verbrauchsteuer/Energiesteuer2140930137004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/FinanzenSteuern/Steuern/Verbrauchsteuer/Energiesteuer2140930137004.pdf?__blob=publicationFile).
- Statistisches Bundesamt (2014b): Umweltnutzung und Wirtschaft - Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen - 2014. Wiesbaden. URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Querschnitt/UmweltnutzungundWirtschaftBericht5850001147004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Querschnitt/UmweltnutzungundWirtschaftBericht5850001147004.pdf?__blob=publicationFile).
- Statistisches Bundesamt (2014c): Verkehr. Luftverkehr auf allen Flugplätzen. 2013. Wiesbaden (Fachserie 8, Reihe 6.2). URL: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/AlteAusgaben/LuftverkehrAlleFlugplaetzeAlt.html>.
- Statistisches Bundesamt (2015a): Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Ausgabe 2015. Wiesbaden (Artikelnummer: 5850008157006). URL: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Querschnitt/UmweltnutzungundWirtschaftTabellenband.html>.
- Statistisches Bundesamt (2015b): Verkehr. Luftverkehr auf allen Flugplätzen. 2014. Wiesbaden (Fachserie 8, Reihe 6.2). URL: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/AlteAusgaben/LuftverkehrAlleFlugplaetzeAlt.html>.
- Statistisches Bundesamt (2016a): Personenbeförderung. Flug-Passagiere aus Deutschland nach Kontinenten. URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Personenverkehr/Tabellen/Flugpassagiere.html>, zuletzt aktualisiert am 06.11.2015.
- Statistisches Bundesamt (2016b): Qualitätsbericht. Einkommens- und Verbrauchsstichprobe EVS 2013. Wiesbaden. URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Qualitaetsberichte/EinkommenKonsumLebensbedingungen/WirtschaftsrechnEVS13.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Qualitaetsberichte/EinkommenKonsumLebensbedingungen/WirtschaftsrechnEVS13.pdf?__blob=publicationFile).
- Statistisches Bundesamt (2016c): Verkehr. Luftverkehr auf allen Flugplätzen. 2015. Wiesbaden (Fachserie 8, Reihe 6.2). URL: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/AlteAusgaben/LuftverkehrAlleFlugplaetzeAlt.html>.
- Statistisches Bundesamt (2017a): Emissionen. Konsumausgaben und CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte pro Kopf. URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/MaterialEnergiefluesse/Tabellen/KonsumausgabenHaushalte.html>.
- Statistisches Bundesamt (2017b): GENESIS-Online Datenbank. Verbraucherpreisindex (inkl. Veränderungsraten): Deutschland, Jahre; Code: 61111-0001. Stand: 24.04.2017. URL: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>.



- Statistisches Bundesamt (2017c): GENESIS-Online Datenbank. VGR des Bundes - Bevölkerung, Erwerbstätigkeit: Deutschland, Jahre; Code: 81000-0011. Stand: 08.03.2017. URL: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>.
- Statistisches Bundesamt (2017d): Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Ausgabe 2016. Wiesbaden. URL: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Querschnitt/Umweltnutzungund-WirtschaftTabellenband.html>.
- Statistisches Bundesamt (2017e): Verkehr. Luftverkehr auf allen Flugplätzen. 2016. Wiesbaden (Fachserie 8, Reihe 6.2). URL: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Luftverkehr/LuftverkehrAlleFlugplaetze.html>.
- Steffen, Will; Broadgate, Wendy; Deutsch, Lisa; Gaffney, Owen; Ludwig, Cornelia (2015a): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. In: *The Anthropocene Review* 2 (1), S. 81-98. URL: <http://doi.org/10.1177/2053019614564785>.
- Steffen, Will; Broadgate, Wendy; Deutsch, Lisa; Gaffney, Owen; Ludwig, Cornelia (2015b): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Great Acceleration data (October 2014). In: *The Anthropocene Review* 2 (1). URL: <http://www.igbp.net/download/18.950c2fa1495db7081ebc7/1421334707878/IGBPGreatAccelerationdatacollection.xlsx>.
- Steffen, Will; Richardson, Katherine; Rockström, Johan; Cornell, Sarah E.; Fetzer, Ingo; Bennett, Elena M. et al. (2015c): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: *Science* 347 (6223). URL: <http://doi.org/10.1126/science.1259855>.
- Stevenson, Betsey; Wolfers, Justin (2008): Economic growth and subjective well-being. Reassessing the Easterlin paradox. National Bureau of Economic Research. Cambridge, Mass. (NBER working paper series, 14282). URL: <http://www.nber.org/papers/w14282.pdf>.
- Stiglitz, Joseph E. (2012): Der Preis der Ungleichheit. Wie die Spaltung der Gesellschaft unsere Zukunft bedroht. 1. Aufl. München: Siedler.
- Sturm, Bodo; Vogt, Carsten (2011): Umweltökonomik. Eine anwendungsorientierte Einführung. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Physica-Lehrbuch). URL: <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-7908-2643-2>.
- Sumner, Jenny; Bird, Lori; Dobos, Hillary (2011): Carbon taxes: a review of experience and policy design considerations. In: *Climate Policy* 11 (2), S. 922-943. URL: <http://doi.org/10.3763/cpol.2010.0093>.
- Talberth, John; Weisdorf, Michael (2017): Genuine Progress Indicator 2.0: Pilot Accounts for the US, Maryland, and City of Baltimore 2012–2014. In: *Ecological Economics* 142, S. 1-11. URL: <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.012>.
- Tews, Kerstin (2012): Evaluierung des Projektes „Stromspar-Check für einkommensschwache Haushalte“. Ergebnisse zur erzielten Energieeinsparung/Klimawirkung in Phase 1 und 2. FFU Berlin. Berlin. URL: [http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/forschung-alt/projekte/laufende/10\\_evaluierung\\_des\\_nationalen\\_teils\\_der\\_klimaschutzinitiative/evaluierung\\_des\\_projektes\\_stromspar\\_check.pdf](http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/forschung-alt/projekte/laufende/10_evaluierung_des_nationalen_teils_der_klimaschutzinitiative/evaluierung_des_projektes_stromspar_check.pdf).
- TFZ (2016): Entwicklung der Brennstoffpreise 2006 bis 2016 (TFZ-Merkblatt, 16EBr006). URL: [http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/merkblatt\\_entwicklung\\_der\\_brennstoffpreise.pdf](http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/merkblatt_entwicklung_der_brennstoffpreise.pdf), zuletzt aktualisiert am 01.06.2016.
- The World Bank (2017): DataBank - World Development Indicators. Life expectancy at birth, total (years), Zugriffsdatum: 24.05.2017. URL: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>.
- Tinbergen, Jan (1952): On the theory of economic policy. Amsterdam: North-Holland Publ. Comp (Contributions to economic analysis, 1).

- Torras Ortiz, Sandra (2012): A hybrid dispersion modelling approach for quantifying and assessing air quality in Germany with focus on urban background and kerbside concentrations. Dissertation. Universität Stuttgart, Stuttgart. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. URL: <http://dx.doi.org/10.18419/opus-1990>.
- Tukker, Arnold; Huppes, Gjalt; Geerken, Theo; Nielsen, Per (2006): Environmental Impact of Products (EIPRO). Analysis of the life cycle environmental impacts to the final consumption of the EU-25. Main report. JRC-IPTS; European Commission. Luxemburg (Technical Report, 22284 EN). URL: [http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf).
- U.S. Energy Information Administration (2016): Total Electricity Net Consumption. URL: <http://www.eia.gov/beta/international/data/browser>.
- UBA (2013): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. (inklusive Anhang A und B). Dessau-Roßlau (4418). URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uba\\_methodenkonvention\\_2.0\\_-\\_2012\\_gesamt.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uba_methodenkonvention_2.0_-_2012_gesamt.pdf).
- UBA (2014): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr. Dessau-Roßlau (Climate Change, 29/2014). URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate\\_change\\_29\\_2014\\_schrempf\\_komplett\\_10.11.2014\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_29_2014_schrempf_komplett_10.11.2014_0.pdf).
- UBA (2015): Umweltprobleme der Landwirtschaft. 30 Jahre SRU-Sondergutachten. Stand: Oktober 2015. Dessau (Hintergrund, Oktober 2015). URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/umweltprobleme\\_in\\_der\\_landwirtschaft\\_30\\_jahre\\_sru-sondergutachten.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/umweltprobleme_in_der_landwirtschaft_30_jahre_sru-sondergutachten.pdf).
- UBA (2016): Kohlendioxid-Emissionsfaktoren für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 - 2014. 13.01.2016. Dessau. URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/kohlendioxid-emissionsfaktoren\\_fuer\\_die\\_deutsche\\_berichterstattung\\_atmosphaerischer\\_emissionen\\_energie-\\_und\\_industrieprozesse.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/kohlendioxid-emissionsfaktoren_fuer_die_deutsche_berichterstattung_atmosphaerischer_emissionen_energie-_und_industrieprozesse.xlsx).
- UBA (2017): Gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Umweltkosten. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/gesellschaftliche-kosten-von-umweltbelastungen>, zuletzt aktualisiert am 10.02.2017.
- UNFCCC (2015): Übereinkommen von Paris. Deutsche Übersetzung im Amtsblatt der Europäischen Union. Paris. URL: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:22016A1019\(01\)&from=DE](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:22016A1019(01)&from=DE).
- United Nations (2005): Guide to producing statistics on time use. New York: United Nations (Economic & social affairs, 93).
- USDA-ERS (2016): Real GDP (2010 dollars) Historical. URL: <https://www.ers.usda.gov/data-products/international-macroeconomic-data-set.aspx>, zuletzt aktualisiert am 12.06.2014.
- UVEK (2015): Verordnung über die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Änderung vom 24. September 2015. URL: [https://www.ezv.admin.ch/dam/ezv/de/dokumente/archiv/2015/12/anhang\\_1\\_verordnungueberdieco2-abgabeabgabetarifab112016.pdf.download.pdf/anhang\\_1\\_verordnungueberdieco2-abgabeabgabetarifab112016.pdf](https://www.ezv.admin.ch/dam/ezv/de/dokumente/archiv/2015/12/anhang_1_verordnungueberdieco2-abgabeabgabetarifab112016.pdf.download.pdf/anhang_1_verordnungueberdieco2-abgabeabgabetarifab112016.pdf).
- Valsecchi, C.; Brink, P. ten; Bassi, S.; Withana, S.; Lewis, M., Best, A.; Oosterhuis, Soares C. et al. (2009): Environmentally Harmful Subsidies: Identification and Assessment. Final report for the European Commission's DG Environment. IEEP. URL: <http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/Harmful%20Subsidies%20Report.pdf>.
- van Essen, Huib; Nelissen, Dagmar; Smit, Mrtine; van Grinsven, Anouk; Aarnink, Sanne; Breemers, Tim et al. (2012): An inventory of measures for internalising external costs in transport. CE Delft; TML; TRT; TNO. European Commission (Hg.). Brüssel. URL: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/sustainable/studies/doc/2012-11-inventory-measures-internalising-external-costs.pdf>.

- van Essen, Huib; Schroten, Arno; Otten, Matthijs; Sutter, Daniel; Schreyer, Christoph; Zandonella, Remo et al. (2011): External costs of transport in Europe. Update study for 2008. CE Delft; INF-RAS; Fraunhofer ISI. Delft. URL: [http://ecocalc-test.ecotransit.org/CE\\_Delft\\_4215\\_External\\_Costs\\_of\\_Transport\\_in\\_Europe\\_def.pdf](http://ecocalc-test.ecotransit.org/CE_Delft_4215_External_Costs_of_Transport_in_Europe_def.pdf).
- Verwaltungsgericht Stuttgart (28.07.2017): Klage der Deutschen Umwelthilfe e.V. gegen das Land Baden-Württemberg wegen Fortschreibung des Luftreinhalteplanes/Teilplan Landeshauptstadt Stuttgart erfolgreich. PRESSEMITTEILUNG vom 28.07.2017. URL: [http://www.vgstuttgart.de/pb/,Lde/Klage+der+Deutschen+Umwelthilfe+e\\_V\\_+gegen+das+Land+Baden-Wuerttemberg+wegen+Fortschreibung+des+Luftreinhalteplanes\\_Teilplan+Landeshauptstadt+Stuttgart+erfolgreich/?LISTPAGE=4414005](http://www.vgstuttgart.de/pb/,Lde/Klage+der+Deutschen+Umwelthilfe+e_V_+gegen+das+Land+Baden-Wuerttemberg+wegen+Fortschreibung+des+Luftreinhalteplanes_Teilplan+Landeshauptstadt+Stuttgart+erfolgreich/?LISTPAGE=4414005).
- Vringer, Kees; Benders, René; Wilting, Harry; Brink, Corjan; Drissen, Eric; Nijdam, Durk; Hoogervorst, Nico (2010): A hybrid multi-region method (HMR) for assessing the environmental impact of private consumption. In: *Ecological Economics* 69 (12), S. 2510-2516. URL: <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.07.027>.
- Wackernagel, Mathis (1994): Ecological footprint and appropriated carrying capacity. A tool for planning toward sustainability. University of British Columbia. School of Community and Regional Planning. URL: [https://circle.ubc.ca/bitstream/handle/2429/7132/ubc\\_1994-954027.pdf?sequence=1](https://circle.ubc.ca/bitstream/handle/2429/7132/ubc_1994-954027.pdf?sequence=1).
- Walras, Léon (1874): *Éléments d'économie politique pure ou théorie de la richesse sociale*. Lausanne: Corbaz.
- Wang, Qian; Hubacek, Klaus; Feng, Kuishuang; Wei, Yi-Ming; Liang, Qiao-Mei (2016): Distributional effects of carbon taxation. In: *Applied Energy* 184, S. 1123-1131. URL: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.083>.
- WEG (2011): Jahresbericht 2010. Zahlen und Fakten. Hannover. URL: [http://www.bveg.de/content/download/1976/11224/file/WEG-Jahresbericht\\_2010.pdf](http://www.bveg.de/content/download/1976/11224/file/WEG-Jahresbericht_2010.pdf).
- WEG (2012): Jahresbericht 2011. Zahlen und Fakten. Hannover. URL: <http://www.bveg.de/content/download/1974/11218/file/WEG-Jahresbericht-2011.pdf>.
- WEG (2013): Jahresbericht 2012. Zahlen und Fakten. Hannover. URL: <http://www.bveg.de/content/download/3720/38766/file/WEG-Jahresbericht%202012.pdf>.
- WEG (2014): Jahresbericht 2013. Zahlen und Fakten. Hannover. URL: <http://www.bveg.de/content/download/5285/56784/file/Jahresbericht%202013.pdf>.
- WEG (2015): Jahresbericht 2014/15. Zahlen und Fakten. Hannover. URL: [http://www.bveg.de/content/download/1976/11224/file/WEG-Jahresbericht\\_2010.pdf](http://www.bveg.de/content/download/1976/11224/file/WEG-Jahresbericht_2010.pdf).
- Weimann, Joachim; Pethig, Rüdiger; Hendricks, Barbara; Edenhofer, Ottmar; Flachsland, Christian; Kornek, Ulrike et al. (2016): Anspruch und Wirklichkeit. Kann das Pariser Klimaabkommen funktionieren? In: *Ifo-Schnelldienst* 69 (3), S. 3-29. URL: <http://www.cesifo-group.de/de/ifoHome/info-service/News/2016/02/news-20160211-sd-3-2016.html>.
- Weiße, U.; Pehnt, M. (2013): Marktanalyse Heizstrom. Kurzstudie. IFEU (Hg.). Heidelberg. URL: [http://www.ifeu.de/energie/pdf/marktanalyse%20heizstrom\\_kurzstudie.pdf](http://www.ifeu.de/energie/pdf/marktanalyse%20heizstrom_kurzstudie.pdf).
- Weizsäcker, Ernst Ulrich von; Hargroves, Karlson; Smith, Michael; Desha, Cheryl; Stasinopoulos, Peter (2010): Faktor Fünf. Die Formel für nachhaltiges Wachstum. München: Droemer.
- Wilkinson, Richard G.; Pickett, Kate; Peinelt, Edgar; Binder, Klaus (2009): Gleichheit ist Glück. Warum gerechte Gesellschaften für alle besser sind. Dt. Erstausg., 1. Aufl. Berlin: Tolkemitt bei Zweitausendeins.
- Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010): Internalisierung externer Kosten des Straßengüterverkehrs. Stellungnahme vom Dezember 2009. In: *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft : ZfV* 81 (2), S. 73-105. URL: [http://www.verkehr.tu-darmstadt.de/media/verkehr/fgvv/prof\\_boltze/Internalisierung.pdf](http://www.verkehr.tu-darmstadt.de/media/verkehr/fgvv/prof_boltze/Internalisierung.pdf).

World Bank; Ecofys; Vivid Economics (2016): State and Trends of Carbon Pricing 2016 (October). Washington, DC: World Bank.

World Commission on Environment and Development (1987): Our common Future. URL: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.

Zhang, Zengkai; Zhu, Kunfu; Hewings, Geoffrey J. D. (2017): A multi-regional input–output analysis of the pollution haven hypothesis from the perspective of global production fragmentation. In: *Energy Economics* 64, S. 13-23. URL: <http://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.03.007>.

Zhang, ZhongXiang; Baranzini, Andrea (2004): What do we know about carbon taxes? An inquiry into their impacts on competitiveness and distribution of income. In: *An economic analysis of climate policy: essays in honour of Andries Nentjes* 32 (4), S. 507-518. URL: [http://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00152-6](http://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00152-6).

Zimmermann, Alois (2016): [www.heizungsvergleich.de](http://www.heizungsvergleich.de). Unterseite "Energiepreise & Steigerungen". URL: <http://www.heizungsvergleich.de/>, zuletzt aktualisiert am 06.01.2016.

## **Verwendete Hilfsmittel**

Citavi Version 4.6.0.0

IBM SPSS Statistics Version 22.0.0.0

Microsoft Excel 2013

Microsoft Word 2013